

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

Научное издание

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

Материалы международной  
научно-технической конференции  
молодых ученых  
Могилев, 30–31 октября 2013 г.

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

Технический редактор И.В. Брискина

Компьютерная верстка И.В. Брискина

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

Материалы международной  
научно-технической конференции  
молодых ученых

Могилев, 30–31 октября 2013 г.

Подписано в печать 14.11.2013г. Формат 60x84/16. Бумага офсетная.  
Гарнитура Таймс. Печать трафаретная. Усл.печ.л. 14,12. Уч.-изд.л. 15,43.  
Тираж 95 экз. Заказ № 801.

Издатель и полиграфическое исполнение  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«Белорусско-Российский университет»  
ЛИ №02330/0548519 от 16.06.2009.  
Пр. Мира, 43, 212000, г.Могилев.

Могилев 2013

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); В. И. Кошелева (отв. секретарь); д-р техн. наук, проф. В. П. Куликов; д-р техн. наук, проф. М. Ф. Пашкевич; д-р техн. наук, проф. В. П. Тарасик

Рецензенты: канд. техн. наук, доц. А. В. Капитонов; д-р техн. наук, доц. А. М. Даньков, 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; д-р техн. наук, доц. С. Д. Семенюк; канд. техн. наук, доц. Г. С. Ленеvский; канд. техн. наук, доц. С. С. Сергеев; канд. физ.-мат. наук, доц. И. И. Маковецкий

**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, 2013. – 244 с. : ил.**

ISBN 978-985-492-127-3.

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 978-985-492-127-3

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2013

КАКАТУНОВА Т.В. Виртуальный технопарк как элемент инновационной региональной инфраструктуры.....	213
КИРИЛЛОВА Е.А. Инновационные основы развития предприятий атомной энергетики.....	214
КОВАЛЕВ М.А. Инновации в машиностроении как фундамент развития промышленности.....	215
КРУПКИНА А.В. Применение методов стратегического анализа для планирования деятельности малого предприятия.....	216
КУПИНА Д.И. Пути повышения эффективности работы и рыночной стоимости предприятия.....	217
ЛАЗАРЕВА О.В. Повышение эффективности позиционирования организации строительной отрасли на рынке.....	218
ЛУГОВАЯ И.А., ШЕРОБУРКО Е.Н. Особенности маркетинга в строительной фирме.....	219
МАКАРЕВИЧ О.Д., ПАНКОВА Т.Н. Развитие логистических систем на предприятиях легкой промышленности.....	220
МАТИЕВИЧ В.А. Информационное обеспечение инновационного развития предприятия.....	221
НЕСТЕРЕНКО С.В. Совершенствование депозитной политики коммерческого банка.....	222
ПЕТРОВА Е.С. Логистический менеджмент на предприятии в условиях перехода к рынку.....	223
ПУШКИНА Л.И. Проблемы развития инновационной деятельности промышленного производства.....	224
САМАРЦЕВ К.С. Дополнительное профессиональное обучение как парадигма непрерывного образования.....	225
ТЮТЮННИК А.А. Роль малого бизнеса в инновационном развитии региона.....	226
ЧИРКОВ В.И. Использование сравнительного подхода для рыночной оценки жилой недвижимости в городах.....	227
ЧУМАЧЕНКО О.И., ПУШКИНА Л.И. Роль инноваций в современном обществе.....	228
ШЕРОБУРКО Е.Н. Правовые аспекты осуществления государственных закупок.....	229
ШУБЕНКОВА В.А. Состояние и развитие российского чайного рынка.....	230
ШУТОВА Д.Ю. Анализ особенностей ЖЦ инновационного опыта для алмазообрабатывающих предприятий.....	231

сплошностей в объектах с помощью визуализирующей магнитные поля пленки.....	193
ШИРОКОВ В.В., ГРИБОК И.А., ДРОЗД И.Н. Расчет фрактальной размерности по данным профильных сечений ЦММР.....	194
ШОСТАК А.В., ШИРОКОВ А.В., СМОЛА А.Ю. Расчет фрактальной размерности ЦММР методами покрытия.....	195
<b>Секция 10. Инновационная экономика в развитии общества</b>	
АКСЕНОВА О.И., ИЛЬИНСКАЯ К.Г. Тенденции развития рынка промышленных кормов для непродуктивных животных.....	196
АРТЕМОВА А.В. Сотрудничество Республики Беларусь с развивающимися странами.....	197
БАГУЗОВА О.В. Нечетко-сетевые инструменты управления инновационными проектами в авиастроении.....	198
БОРОДИЧ Т.А. Совершенствование управления интегрированной хозяйственной системой.....	199
БЫЧКОВСКИЙ А.Ю. Особенности функционирования судостроительных предприятий.....	200
ГАПЕЕВА-СЕРГЕЙЧИК О.О., КАРАНЕВИЧ С.М. Принципы организации инновационной деятельности на предприятии.....	201
ГИМАРОВ В.В., БАЛЯБИНА А.А., ТЮТЮННИК А.А. Мультиагентное моделирование инновационных процессов.....	202
ГЛУШКО С.И., ЗАЕНЧКОВСКИЙ А.Э., КИРИЛЛОВА Е.А. Нечетко-логические муравьиные алгоритмы оптимизации маршрутов доставки продукции.....	203
ГУЗОВА К.А. Разработка программных продуктов для оценки качества кредитного портфеля коммерческого банка.....	204
ГУЗОВА К.А. Направления совершенствования организации работы банков с проблемными кредитами.....	205
ДЕДИНЕЦ В.В. Критерии оценки инновационной экономики и способы их достижения в Республике Беларусь.....	206
ДЛИ С.М., НЕСТЕРОВА В.Ю. Роль бюджетной системы в развитии инновационной экономики.....	207
ЗАЕНЧКОВСКИЙ А.Э. Процессно-логистический подход к управлению инновациями на региональном уровне.....	208
ЗЫОНГ Т.Х. ЧАНГ. Укрепление финансового состояния предприятий Вьетнама.....	209
ИВАНОВА И.В. Методика оценки рисков инновационных проектов.....	210
ИЛЬИНСКАЯ К.Г. Перспективы развития ассортимента хлебобулочных изделий в Смоленской области.....	211
КАКАТУНОВА Т.В. Когнитивные модели региональной инновационной системы.....	212

УДК 004.8

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
С ПОМОЩЬЮ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Е. А. ЯКИМОВ

Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Рациональный выбор параметров моделей технологических процессов затруднен тем, что сложно выразить зависимость между входными и выходными параметрами модели исследуемой системы в аналитическом виде. Это вынуждает использовать имитационные модели (ИМ) для описания подобных систем. При исследовании и эксплуатации ИМ требуется получение определенных свойств исследуемой системы, для чего необходимо найти значения параметров модели, обеспечивающих эти свойства. Одним из путей выявления свойств моделей и оценки качества исследуемого объекта является анализ временных последовательностей данных, собираемых непосредственно на самом объекте.

Например, исследования обрывности нитей при их вытягивании на заводе полиэфирных нитей позволяют утверждать, что анализ временных последовательностей статистических данных обрывности помогает составить объективное заключение о состоянии технологических потоков, своевременно предпринимать необходимые действия для их корректировки.

В имитационном моделировании в основном используются статистические методы оценки последовательностей данных. Для наиболее точного определения типа распределения данных используются обобщенные законы распределения Пирсона, Джонсона, В. В. Нешитого и др. В последнее время все более часто используются методы извлечения информации, основанные на искусственных нейронных сетях с использованием нечетких множеств и нечеткой логики, кластерном анализе и др. В то же время отсутствуют сведения об использовании в имитационном моделировании сингулярного спектрального анализа (другое название SSA – Singular Spectrum Analysis) временных рядов, который позволяет получить дополнительную информацию о структуре данных разложением исходного временного ряда на трендовую, периодическую и шумовую составляющие. При исследовании SSA трендом полагают медленно меняющуюся составляющую, описывающую глобальное поведение ряда. Под шумовой составляющей ряда понимают реализацию случайной последовательности чисел.

Предложен итерационный процесс  $P$  извлечения полезной информации из данных, накопленных в базах данных комплексных информационных систем, представленный композицией операторов  $P = T_6 \circ T_5 \circ T_4 \circ T_3 \circ T_2 \circ T_1$ . Оператор  $T_1$  представляет отбор данных, накопленных в комплексных ин-

формационных системах предприятий;  $T_2$  – предварительная обработка данных;  $T_3$  – выбор данных для исследования в соответствии с решаемой задачей, отличается формированием *XML*-файла для автоматизированной обработки;  $T_4$  – выбор метода поиска закономерностей, основанных в основном на применении статистических исследований, отличается использованием сингулярного спектрального анализа и обобщенного закона распределения для оценки типа распределения случайных величин;  $T_5$  – построение модели исходных данных для применения в имитационной модели на этапе ее эксплуатации;  $T_6$  – формирование *XML*-файла с моделью последовательности данных для последующего применения.

Сингулярный спектральный анализ последовательностей данных включает следующие этапы: вложение, сингулярное разложение, группировку, диагональное усреднение. Методика исследования сингулярного спектрального анализа временных рядов с комплексным применением информационных технологий основана на использовании табличного процессора MS Excel, математического пакета Mathcad, пакета статистической обработки данных Statistica и отличается применением сдвиговых процедур при формировании ганкелевой матрицы на этапе вложения и при восстановлении составляющих исходного временного ряда на этапе диагонального усреднения. На этапе группировки в MS Excel используется лепестковая диаграмма, которая является аналогом графика в полярной системе координат, отображая распределение значений относительно начала координат. По особенностям представления сингулярных векторов на лепестковой диаграмме принимается решение о принадлежности их одной группе (рис. 1 и 2).

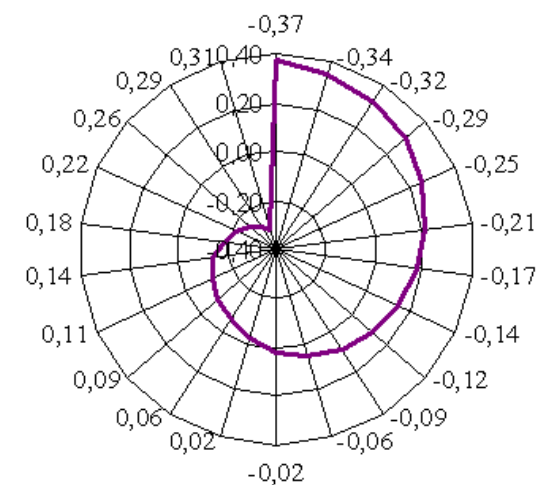


Рис. 1. Лепестковая диаграмма вектора тренда

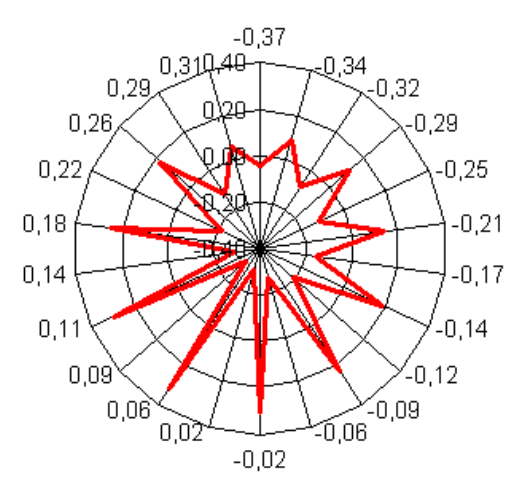


Рис. 2. Лепестковая диаграмма вектора шума

Проведены исследования, получены оценки и выявлены особенности погрешности восстановления временного детерминированного ряда  $G$ , образованного функциями  $F(x) = ax + b\sin(x) + c$ ,  $a, b, c$  – параметры,  $x = 0, \dots, 42$ . Относительная ошибка восстановления тренда  $\Delta F_T$  составляет 2,3 %, гармо-

ШУЛЕНКОВ Р.А., АШИРОВА Н.А. Настройка контура управления процессом дозирования.....	174
ЩЕМЕЛЕВ М.В. Синтез траекторий армирования конструкций из композитов на поверхностях двойной кривизны.....	175

**Секция 9. Методы и приборы контроля качества**

АЗАРКО А.А. Влияние влажности строительных пиломатериалов на скорость распространяющегося в них ультразвука.....	176
АКСЕНОВА О.И. Вопросы контроля качества кормов для непродуктивных животных.....	177
БЕЛИКОВ А.А. Определение качества изделия радиоэлектронной системы в процессе эксплуатации.....	178
ДЗЕН И.С. Влияние толщины подложки на спектр отражательной способности пленки.....	179
ЗАХАРОВА К.С, ПАРХИМОВИЧ В.П. Прибор для экспресс-анализа акустических свойств неоднородных жидких сред.....	180
КИСЕЛЕВИЧ В.В. Математическая модель отказа полимерной изоляции.....	181
КРЕСКИЯН И.В. Приборы производственного контроля питьевой воды.....	182
МЕЛЬНИК В.Н., БОЖИДАРНИК В.В., СМОЛА А.Ю. Объемные характеристики микрорельефа.....	183
МЕЛЬНИК Ю.А., ГРИБОК И.А., ДРОЗД И.Н. Идентификация точек интереса при исследовании шероховатых поверхностей.....	184
ОМЕСЬ Д.В. Исследование модуляций виброакустического сигнала при деградации зубчатой передачи.....	185
ПАРАШКОВ С.О. Многократные отражения света в призме связи.....	186
СВЕТЛИЧНЫЙ В.А., ОНИЩЕНКО Ю.Н. Моделирование аperiодического экранного вихретокового преобразователя.....	187
СЕРГЕЕВА О.С. Влияние геометрии выступа на формируемое акустическое поле преобразователя волны Рэлея.....	188
СИВЕНКОВА С.В. Технические способы контроля качества озонированной питьевой воды.....	189
ТИМОЩЕНКО Е.В., ЮРЕВИЧ Ю.В. О возможности использования свойств резонансного отражения для оценки параметров тонких пленок.....	190
ТРОФИМЕНКОВ А.Л., КАЛЯКИН Р.В., КАЛЮТЧИК В.С. Учет свободных линий связи при решении задачи реконфигурирования ПЛИС.....	191
ЧЕРЕДНИКОВ А.А. Сравнение методов определения стойкости изоляции электрических машин, питание которых осуществляется от преобразователей частоты.....	192
ШИЛОВ А.В. Результаты исследований по обнаружению не-	

ными элементами.....	153
ГУЛЯКА Т.Н., РОМАНЮК В.С. Погрешность определения модели для объектов с электрическим исполнительным механизмом.....	154
ДЕМИДЕНКОВ К.А., МЕЛЬНИКОВ И.И. Совершенствование алгоритмов цифровой обработки видеоизображения путем использования нейросетевого фильтра.....	155
ЖАРСКИЙ А.Н., ШУМСКИЙ А.Н. Фильтр высокой частоты синхронного детектора.....	156
ЗАХАРЧЕНКОВ К.В., МРОЧЕК Т.В. Задача автоматизации планирования выпуска продукции в отопительный сезон в ООО «СМИТ-Ярцево».....	157
КАПИТОНОВ О.А. Разработка современного энергосберегающего асинхронного электропривода.....	158
КОРНЕЕВ А.П. Перспективы развития альтернативной энергетики в Беларуси.....	159
КОРОЛЕНКО Т.С. Электроснабжение мобильных и удаленных потребителей.....	160
ЛАПЕТО А.В. Формирование передаточных функций с желаемой динамикой переходного процесса.....	161
ЛЕКАРЕВА А.В. Исследование системы управления с параллельной моделью.....	162
МАРКЕВИЧ С.Н. Виртуальная лаборатория как современное оборудование в образовательном процессе учащихся.....	163
МЕЛЬНИКОВ И.И., ДЕМИДЕНКОВ К.А. Использование метода двойного кэширования данных для ускорения работы клиент-серверных приложений.....	164
МИТРОФАНЕНКОВ Ю.Н. Бездатчиковый вентильно-индукторный электропривод.....	165
ОЛИФЕРОВИЧ Н.М., ШУЛЕНКОВ Р.А., РЫЖОВА О.С. Аппроксимации динамики кругового пропитывания тестовой бумаги... ..	166
РЫЖОВА О.С., ШУМСКИЙ А.Н. Трапецеидальный сигнал с максимальной мощностью первой гармоники.....	167
САВЕЛЬЕВ Н.В. Вариант формирования системы активного фильтра гармоник по схеме трехуровневого АИН.....	168
СИДОРЧИК Д.Е. Устройство механического передвижения на платформе ARDUINO.....	169
ТОЛСТЫКО А.В. Модель инсинераторной установки.....	170
ЧЕРЕДОВ В.В. Применение теории графов для представления структуры трансформаторных элементов.....	171
ЧЕРЕДОВ В.В. Исследование проблемы создания универсальных схем замещения моделей трансформаторных элементов.....	172
ЧИЖИКОВ Р.А., ГИНДУЛЛИН Р.А., РУСАК А.Ю. Экспериментальное определение влияния времени дискретизации на цифровую фильтрацию.....	173

нической составляющей  $\Delta F_H$  – 14,3 %. При анализе результатов обнаружено, что абсолютная ошибка восстановления тренда и гармонической составляющей для начальных и конечных значений ряда имеет наибольшие значения (рис. 3 и 4).

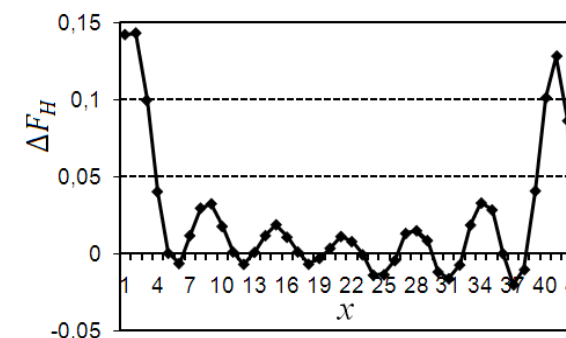


Рис. 3. Распределение абсолютной ошибки восстановления гармоники

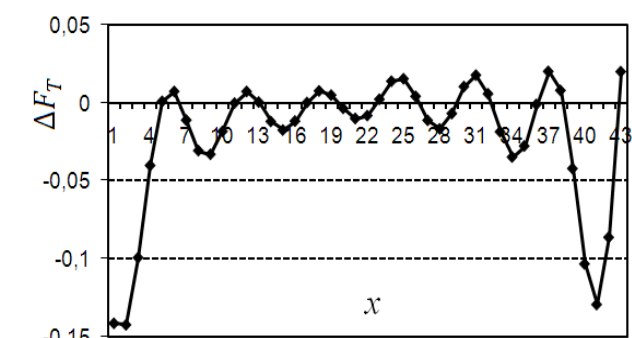


Рис. 4. Распределение абсолютной ошибки восстановления тренда

Проведены численные исследования методом сингулярного спектрального анализа временных рядов с известными моделями его трендовой, гармонической и шумовой составляющей. Методика проведения экспериментальных исследований включает выбор исходного временного ряда  $G = G_T + G_H + G_N$ , который задан известными моделями соответственно трендовой и гармонической составляющей  $G_T = ax + b$ ,  $G_H = c \sin x$ ,  $x = 0, \dots, 42$ ;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – параметры, изменяемые при исследовании; индексы  $T$ ,  $H$ ,  $N$  – трендовая, гармоническая и шумовая составляющие соответственно. Шумовая составляющая задана моделями равномерного, нормального и экспоненциального распределения.

При преобразовании исследуемых рядов восстановление шумовой составляющей всегда выполняется с математическим ожиданием, равным нулю. Проверка по критерию Колмогорова – Смирнова ( $p = 0,01$ ) соответствия, полученных в ходе преобразования случайных чисел, показала, что шумовая составляющая сохраняет свой тип распределения.

Исследование методом сингулярного спектрального анализа временных рядов показало, что шумовая составляющая восстановленного ряда для равномерного, экспоненциального и нормального распределения смещается в сторону нуля на величину математического ожидания шумовой составляющей исходного ряда с погрешностью до 6 % и возрастает до 30 % при росте дисперсии шума исходного ряда до 25 раз. Стандартное отклонение шумовой составляющей восстановленного ряда отличается от исходного на 7–9 % во всех случаях.

Важным результатом исследования является вывод о независимости качества восстановления составляющих временного ряда от величины постоянной составляющей исходного временного ряда. Однако следует заметить, что при нулевой постоянной составляющей  $G_{TC} = 0$ , не удастся восстановить

динамическую составляющую тренда исходного временного ряда (рис. 5 и 6).

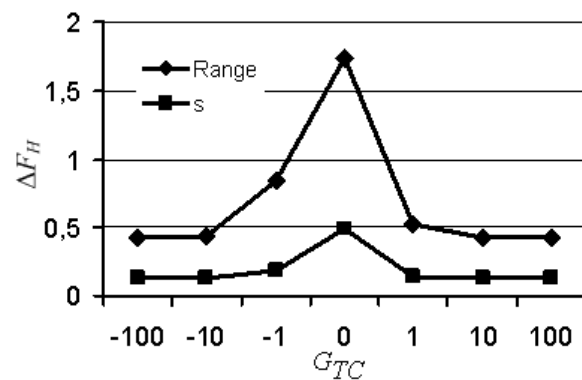


Рис. 5. Показатели ошибки восстановления гармоника

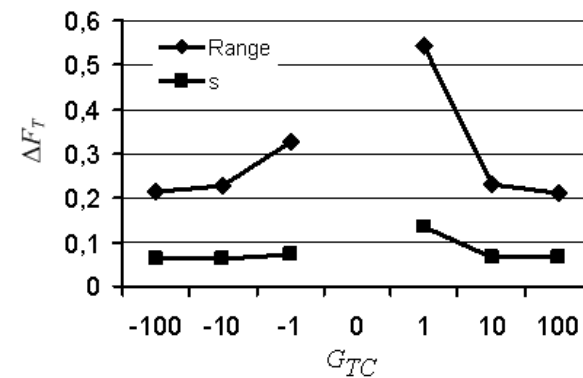


Рис. 6. Показатели ошибки восстановления тренда

Для использования результатов исследований метода извлечения полезной информации на основе сингулярного спектрального анализа в качестве объекта моделирования принят производственный процесс изготовления изделий из ячеистого бетона.

Блоки стеновые и плиты теплоизоляционные из ячеистых бетонов изготавливаются методом формования смеси размолотой извести, кварцевого песка, цемента, воды и алюминиевой пудры с последующей автоклавной обработкой. Производство блоков осуществляется в следующей последовательности технологических операций: доставка, выгрузка, транспортирование, хранение и помол сырья; приготовление алюминиевой суспензии; приготовление смазки; подготовка оснастки; приготовление формовочной смеси и формование изделий; механизированная резка; автоклавная обработка; расформовка и вывоз готовой продукции на склад. Модель производственного процесса строится для решения, в первую очередь, задачи экономии топливно-энергетических ресурсов на функционирующем предприятии.

Для технологического процесса изготовления блоков из ячеистого бетона разработана концептуальная модель. На ее основе для определения максимального потока изделий (вещества) построен потоковый граф и математическое описание представлено в терминах задачи линейного программирования.

Выполнен анализ времени дозирования компонентов, который показал, что вероятностный характер процессов при изготовлении блоков из ячеистого бетона не позволяет применить методы, основанные на потоковой модели.

Для исследования последовательностей данных и извлечения информации о вероятностных процессах разработан программный модуль анализа временного ряда для оценки кривой семейства Пирсона плотности распределения шумовой составляющей. Соответствие теоретического распределения

КРАВЧАТАЯ Ю.Ю. Применение легких комбинированных панелей с обшивкой из плит OSB в покрытиях производственных зданий.....	135
КРАВЧЕНКО А.О. О повышении безопасности автомобильных дорог.....	136
КУЗМЕНКО Д.О., БОГДАНОВ С.В. Концентрация напряжений при растяжении пластины с отверстиями.....	137
ЛУКАШКОВ Н.Н., ШУМИЛИН В.Ю. Гранитная крошка как новое средство для борьбы с гололедом.....	138
МЕЛЬНИКОВА И.С. Оценка эффективности технологий ликвидации трещин в дорожных асфальтобетонных покрытиях.....	139
МЕЛЬНИКОВА И.С. Теоретическая и экспериментальная оценка трещиностойкости дорожных конструкций.....	140
МЕЛЬЯНЦОВА И.И. Экспериментальные исследования прочности и деформативности легких конструкционных бетонов.....	141
МОСКАЛЬКОВА Ю.Г. Корректировка параметрических точек диаграммы деформирования бетона с учетом малоциклового нагружения.....	142
МОСКАЛЬКОВА Ю.Г., КЛИМЕНКОВА М.А., САКОВИЧ Д.Д. Новые технологии в производстве отделочных смесей.....	143
НАУМЕНКО А.И. Композиционное вяжущее для укрепления дорожных грунтов.....	144
ПОДДУБНЫЙ А.А. Расчет трехслойной панели при неполном контакте с упругим основанием.....	145
ФЕДОРОВ А.В. Алгоритм Флойда при выборе оптимальной трассы автомобильной дороги.....	146
ФРОЛКОВ И.С., ДИВАКОВА Г.А., МАМОЧКИНА М.Г. Прочностные и деформативные характеристики тяжелого бетона объемным весом 24 кН/м <sup>3</sup> .....	147
ХМЕЛЬНИЦКИЙ Е.С., ПОПКОВА Т.А., БЕВЗ А.Г. Возможность использования вторичного полимерного сырья в фибробетонах.....	148
ЯКУШЕВА А.П. Исследования работы балочных железобетонных элементов с внешним листовым армированием.....	149

### Секция 8. Автоматизация и электропривод

ВИШНЕРЕВСКИЙ В.Т., СТАСЕНКО И.С., ПРИСМАКИН Н.М., БУКАТО К.С. Экспериментальное получение ЛАЧХ элементов с распределенными параметрами.....	150
ГОРЧАКОВ Д.В. Сравнительный обзор бездатчиковых методов управления вентиляльным двигателем.....	151
ГУЛЯЕВ В.В. Анализ источников тока на базе трехфазных вентиляльно-емкостных преобразователей для электроприводов.....	152
ГУЛЯКА Т.Н., ГИНДУЛЛИН Р.А. ПИД-регулятор с нелиней-	

## Секция 7. Инновации в строительстве

АЛЕКСАНДРИКОВ А.А., КУЗМЕНКО Д.О. Возможности снижения материалоемкости бетонных облицовочных панелей.....	116
БАШКИРОВ В.В. Работа железобетонных и кирпичных столбов, усиленных стальной обоймой и композитными материалами....	117
БЛОЦКАЯ Е.О. Коррозионностойкий модифицированный бетон.....	118
БОГДАНОВ С.В., КУЗМЕНКО Д.О. Экспериментальная проверка точности численных моделей при исследовании деформационных полей в быстромонтируемых объектах из композитных несущих элементов.....	119
БРОДОВА О.И., МАНЬКОВА А.Д. Исследование причин колеобразования на дорогах г. Могилева и рекомендации по их снижению.....	120
БРОДОВА О.И., БЕНДЕВА Е.Г., ПОЛЯКОВА Т.А. Изучение мероприятий по энергосбережению РУП «Могилевавтодор».....	121
ВЕРЕТЕННИКОВ П.С., ГВОЗДЕВ А.В. Применение дорожных катков с вибромеханизмами горизонтального действия с целью повышения эффективности уплотнения дорожных покрытий.....	122
ВОЛКОВА Ю.А., ВИНОГРАДОВА О.С. Влияние капиллярности на покрытие дорог.....	123
ВОЛКОВА Ю.А., КОЗЛОВА А.А. Придорожный сервис в Республике Беларусь.....	124
ГОРБЕНКОВА Е.В., СТАРОЛАВНИКОВА О.М., МАКСИМЕНКОВА М.В. Проблема воздействия транспортного шума на окружающую среду.....	125
ГОРБЕНКОВА Е.В., БОЛОХОНОВА Ю.М., БОРИСЕНКО А.А. Введение новых добавок в состав асфальтобетона.....	126
ГУТНИК Я.Ю., КАКАШИНСКИЙ А.И. К вопросу утилизации строительных отходов.....	127
ДАВЫДЮК А.И. Применение теории оптимизации для построения линейных пластических шарниров.....	128
ДЕМИДОВА Н.С., ЗАЙЦЕВ В.Д. Мостовые сооружения Могилевской области.....	129
ДЕНИСЕНКО И.В. Усиление кирпичных столбов и простенков стальной обоймой.....	130
ЕРМАКОВА Е.В., КУЗНЕЦОВА Г.Г., БАБИЧЕВА М.В. Основные направления энергосбережения на дорожных предприятиях.....	131
ЖИЛЕНКО О.Б. Применение блоков из автоклавного газобетона при строительстве зданий в сейсмический районах.....	132
ИГНАТОВ С.В. Исторический обзор развития инъекционной технологии.....	133
ИЛЮКОВИЧ Д.С., ВОЛКОВА Ю.А. Причины дефектов водопропускных сооружений.....	134

с исследуемой плотностью проверяется по критерию Колмогорова-Смирнова,  $\chi^2$  Пирсона,  $\omega^2$  Мизеса.

Для построения имитационной модели технологического процесса применяется программно-технологический комплекс имитации сложных систем (ПТКИ) BelSim, использующий процессный способ моделирования. Готовая имитационная модель представляет собой исполняемый файл. Взаимодействие между исполняемым файлом имитационной модели и основными компонентами ПТКИ BelSim реализуется на основе файла данных модели. В этом файле хранятся параметры и отклики ИМ в формате XML. Для сокращения времени, затрачиваемого на программирование ИМ, разработан шаблон файла программы, определяющий данные модели, процессы с их инициализацией и алгоритмами методов, указываются отклики имитационной модели.

При поиске путей экономии топливно-энергетических ресурсов построена имитационная модель производства изделий из ячеистого бетона. Имитационная модель спроектирована для решения, в первую очередь, задачи поиска путей экономии электроэнергии (рис. 7).

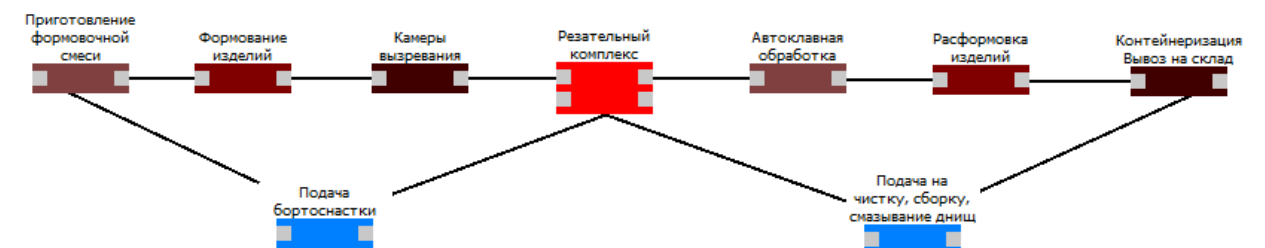


Рис. 7. Структура имитационной модели

Результаты эксплуатации модели проверены на действующем производстве. Участок дозирования компонентов при подготовке формовочной смеси (рис. 7) является одним из узких мест технологического процесса. Анализ времени дозирования компонентов в ходе технологического процесса показывает, что время описывается экспоненциальным законом распределения со следующими параметрами:  $\gamma = 0$ ,  $\beta \in [0,0274; 0,0366]$ ,  $\gamma$  – параметр порога,  $\beta$  – параметр масштаба. При исследованиях в ходе эксплуатации имитационной модели параметр  $\beta$  принимал значения 0,0298; 0,0281; 0,0274; 0,0303; 0,0366 [мин<sup>-1</sup>], учет которых повышает эффективность эксплуатации имитационной модели при оптимизации технологического процесса.

С. А. СУХОЦКИЙ

Научный руководитель А. М. ДОВГАЛЕВ, канд. техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

В машиностроении существует широкая номенклатура изделий, имеющих плоские рабочие поверхности. К ним относятся: направляющие механизмов, корпуса редуцирующих и силовых устройств, ножи дробилок, лезвия рабочих органов строительно-дорожных машин, лезвия режущих инструментов, плоские скребки и многие другие. Повышение эксплуатационных свойств поверхностей этих деталей обеспечивают существующие технологии упрочняющей обработки (механические, термические, химико-термические, ионной имплантацией и др.), осуществляющие модификацию поверхностного слоя. Однако, традиционные технологии упрочняющей обработки в ряде случаев не обеспечивают требуемые эксплуатационные свойства поверхности детали, реализуются на сложном технологическом оборудовании, имеют высокую себестоимость, не являются универсальными и, как правило, оказывают вредное влияние на окружающую среду [1–3].

В значительной мере этих недостатков лишены динамические методы поверхностного пластического деформирования, обеспечивающие три важные составляющие повышения эксплуатационных свойств деталей: снижение шероховатости поверхности; упрочнение поверхностного слоя и формирование маслоудерживающего микрорельефа.

В то же время, существующие методы динамического поверхностного пластического деформирования не обеспечивают интенсивное снижение шероховатости поверхности с Ra 6,3 до Ra 0,8 мкм; малопроизводительны (осуществляются с подачей инструмента 20–100 мм/мин); реализуются с помощью сложных устройств, сообщающих деформирующим элементам рабочие движения; требуют дополнительного источника энергии, например сжатого воздуха, жидкости под давлением и т.п.

В связи с этим актуальным является разработка новых динамических методов ППД, лишенных указанных недостатков и использующих для обеспечения силового взаимодействия деформирующих элементов с поверхностью детали ранее не применяемые виды энергии.

Большой научный и практический интерес представляет метод магнитно-динамического раскатывания (МДР) отверстий деталей, при котором деформирующим шаром, свободно установленным в кольцевой камере инст-

**Секция 5. Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование**

ЗАРОВЧАТСКАЯ Е.В. Определение оптимальной продолжительности эксплуатации строительных и дорожных машин.....	99
КОЗЛОВСКИЙ В.И. Эффективность диспергирования и перспективы использования шаровой мельницы с мешалкой.....	100
КУРОЧКИН Н.В. Основы расчета и проектирования молотковых дробилок с наклонным корпусом.....	101
РОМАЧКО А.А. Подвеска приводных колес самосвала МоАЗ 7506.....	102
САВИЦКИЙ В.С. Электрогидравлический механизм управления фрикционами гидромеханической передачи.....	103
ХАДКЕВИЧ И.Ю. Диагностирование гидравлических приводов и гидросистем мобильных машин.....	104

**Секция 6. Проектирование, производство и эксплуатация автомобильного транспорта**

ВОЛОЩУК А.А. Особенности математических моделей динамики движения тракторного поезда.....	105
ДЕНИСОВ И.В., ВДОВКИН С.В. Комплексный показатель безотказности задней пневматической подвески автобуса ЛИАЗ-5256.....	107
ДЕНИСОВ И.В., ВДОВКИН С.В. Моделирование вероятности безотказной работы резиновых втулок реактивных штанг задней пневматической подвески ЛИАЗ-5226 по допустимой величине перекоса балки ведущего моста.....	108
ДУБОВИК Д.А., ТИШУК А.С. Исследовательский комплекс для разработки систем контроля качества технологических дорог.....	109
МАКАРЕВИЧ С.Д., АНИСКОВИЧ А.В. Проведение лабораторных, стендовых и эксплуатационных испытаний по установлению причин возгорания тракторов производства РУП «МТЗ» серии 3022.....	110
МАКАРЕВИЧ С.Д., АНИСКОВИЧ А.В. Установление причин возгорания энергонасыщенных тракторов производства РУП «МТЗ» и разработка мероприятий по их противопожарной защите.....	111
ПЕТРЕНКО М.Л., ЮШКЕВИЧ А.В. Использование силового исполнительного элемента для управления электронно-механической САБ транспортных средств.....	112
ПЛЯКИН Р.В. Методика оценки эффективности функционирования механизмов управления фрикционами ГМП.....	113
ПЛЯКИН Р.В., ГОРБАТЕНКО Н.Н. Программное обеспечение контроллера управления гидромеханической передачей карьерного самосвала.....	114
ЮШКЕВИЧ А.В., ПЕТРЕНКО М.Л. Проектирование дискового тормоза с осевым нажимом.....	115



делий.....	81
ПОПОВ Р.Ю., СЕРГИЕВИЧ О.А., ЛЯЩЕНКО Е.А., СИНЯКИ-НА Т.О., ПЫТЬКО И.Л. Кордиеритсодержащие изделия на основе каолинов Республики Беларусь.....	82
РЕУТЕНОК Ю.А. Исследование термограммы процесса синтеза композиционных порошков $TiB_2/(Fe-Mo)$ методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.....	83
РЕУТЕНОК Ю.А. Планирование морфологии частиц при газопламенном синтезе наноматериалов.....	84
РОМАЧУК И.И., ШАГОЙКО А.Г., КРАВЧЕНКО К.В. Технология криогенной обработки изделий из углеродистых сталей регламентированного состава.....	85
СЛАСТЕНОВ П.С., ЭЙСЫМОНТ Е.И. Нанофазные пластичные смазки.....	86
ФЕДОСЕНКО А.С. Перспективные материалы для газотермических покрытий.....	87
ХОРТ А.А., НИКОЛЬСКАЯ А.Л. Изучение влияния оксидных модификаторов на свойства чувствительных покрытий газовых сенсоров.....	88
ШЕГИДЕВИЧ А.А. Исследование влияния модифицирующих Al-C лигатур на свойства многоцелевого алюминиевого композита.	89
ШУКОВА Е.В. Оптимизация режимов формирования полиэтиленовых пленок пластифицированных олифой.....	90
ЯСКЕЛЬЧИК В.В., МИХЕДОВА Е.В. Влияние ультразвука на структуру медных покрытий.....	91
<b>Секция 4. Новые технологии в сварочном производстве</b>	
ВЫДРОВА В.В. Оценка устойчивости сварных конструкций подкрепленных элементами жесткости.....	92
ИГНАТОВА Е.В. Сравнительный анализ паяных тавровых соединений стержней различной конструкции.....	93
КОРОТЕЕВ А.О., КАДРОВ М.А. Оптимизация расхода защитного газа в условиях его кольцевой подачи в зону горения дуги при сварке.....	94
МЕЛЬНИК М.В., ЛИТОШ С.А. Сварочные тренажеры (имитаторы) используемые в процессе обучения.....	95
ПОЛЯКОВ А.Ю., КОРАТКЕВИЧ С.С. Разработка технологического процесса контактной рельефной сварки засова замка сувальдного.....	96
ФЕТИСОВА Е.А. Особенности сварки разнородных сварных соединений.....	97
ЦУМАРЕВ Е.Н. Ремонт кронштейнов транспортной системы «Орнель» с помощью гибридных паяно-сварных соединений.....	98

румента, сообщают рабочие колебательные движения за счет энергии периодически действующего вращающегося магнитного поля.

Проведенные Д.М. Свирепой исследования показали, что метод магнитно-динамического раскатывания обеспечивает интенсивное деформирование исходных микронеровностей поверхности детали, модификацию поверхностного слоя детали на глубину до 0,6 мм, формирование на поверхности детали маслоудерживающего рельефа и позволяет осуществлять процесс отделочно-упрочняющей обработки с высокой производительностью (с подачей инструмента 100–600 мм/мин). Износостойкость упрочненных поверхностей деталей при этом повышается в 2,1–2,3 раза [4].

Однако, метод МДР не предназначен для отделочно-упрочняющей обработки плоских поверхностей. В связи с этим была сформулирована цель работы: создать метод магнитно-динамического накатывания плоских поверхностей деталей и получить рекомендации по выбору параметров процесса упрочняющей обработки.

Для достижения цели были решены следующие задачи.

1. Разработан метод магнитно-динамического накатывания (МДН) плоских поверхностей деталей и инструмент для его осуществления.

2. Осуществлено математическое моделирование процесса МДН плоских поверхностей деталей и выявлено влияние параметров на характеристики движения деформирующих шаров и качество обработанной поверхности.

3. Исследованы характеристики упрочненной поверхности (шероховатость  $R_a$ , микротвердость, износостойкость).

4. Разработаны перспективные конструкции накатников для условий крупносерийного производства.

5. Внедрены результаты исследований в производство.

Основой технологии магнитно-динамического упрочнения плоских поверхностей деталей машин является предложенный способ обработки, схема реализации которого показана на рис. 1.

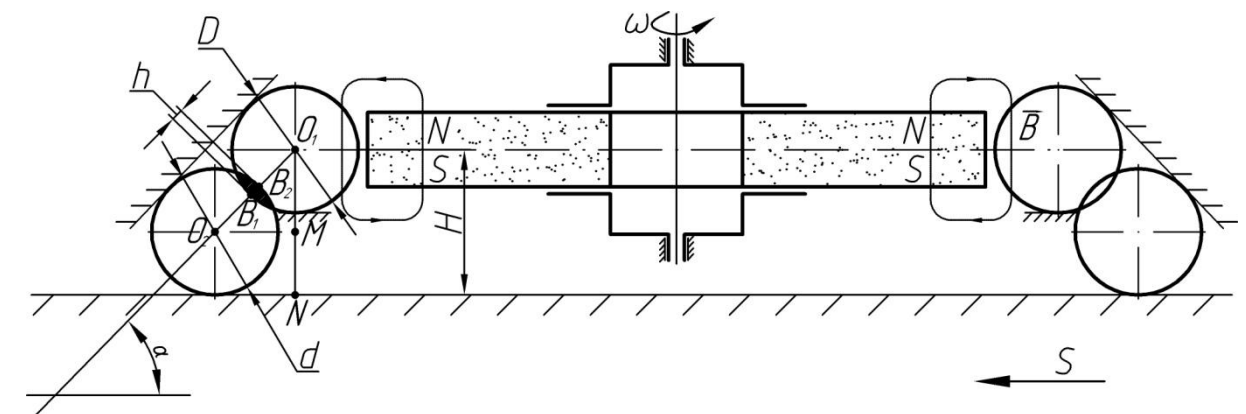


Рис. 1. Схема магнитно-динамического накатывания плоских поверхностей деталей машин

Согласно способу, упрочняющую обработку плоской поверхности детали осуществляют накатным инструментом, содержащим верхнюю и нижнюю соосно расположенные кольцевые камеры, заполненные соответственно приводными и деформирующими шарами. Инструменту и детали сообщают относительное движение подачи. Приводным шарам, размещенным в верхней кольцевой камере инструмента, сообщают вращение путем воздействия на них вращаемым магнитным полем с индукцией  $B=0,1-0,4$  Тл. При этом вектор индукции магнитного поля располагают в плоскости вращения приводных шаров, а расстояние между плоскостью, проходящей через геометрические центры шаров верхней кольцевой камеры и обрабатываемой поверхностью детали, выбирают по зависимости, учитывающей диаметры приводных и деформирующих шаров, натяг их взаимодействия и другие конструктивные особенности инструмента [5].

Для реализации технологии упрочнения разработан специальный накатной инструмент, содержащий устройство вращения приводных шаров, включающее ротор и магнитную систему с магнитопроводами и постоянными магнитами. Предложены различные конструкции магнитных систем накатных инструментов для осуществления процесса магнитно-динамического упрочнения с учетом конструктивных и физико-механических характеристик обрабатываемых деталей.

В работе выполнено математическое моделирование движения приводных и деформирующих шаров инструмента. Установлена взаимосвязь скорости взаимодействия деформирующих шаров с упрочняемой поверхностью детали от основных технологических и конструктивных параметров процесса. Получены аналитические выражения для определения кинематических характеристик приводных и деформирующих шаров. Представлена математическая зависимость для расчета величины шероховатости поверхности после магнитно-динамического накатывания, позволяющая прогнозировать качественные характеристики детали на этапе проектирования технологического процесса упрочнения.

В работе экспериментально определено влияние режимов магнитно-динамического накатывания на шероховатость упрочненной поверхности деталей из стали 40Х (30–35 HRC). С целью оптимизации режимов упрочняющей обработки для проведения эксперимента был выбран центральный композиционный рототабельный план второго порядка, учитывающий три фактора. В качестве переменных факторов, оказывающих наибольшее влияние на шероховатость упрочненной поверхности, были выбраны: частота вращения, подача и диаметр деформирующих шаров инструмента. По результатам исследований были получены коэффициенты уравнения регрессии и определены оптимальные режимы упрочнения, обеспечивающие шероховатость поверхности  $Ra = 0,4$  мкм (при исходной шероховатости поверхности детали  $Ra 4,5$  мкм).

КОНСТАНТИНОВ С.В. Структура и свойства тонкопленочных сверхтвердых наноструктурированных покрытий TiAlN.....	62
КОРНЕЕВА И.А. Оптические свойства кремния, модифицированного в плазме тлеющего разряда.....	63
КОТОВ С.Ю. Краевой угол смачивания вакуумно-дуговых покрытий.....	64
КОТОВ С.Ю. Коррозионные характеристики вакуумно-плазменного покрытия ZrN.....	65
ЛАСОЦКИЙ Д.А., БОНДАРЕВ Р.А. Пути совершенствования процесса разделения высокоадгезионных материалов.....	66
ЛОЗИКОВ И.А. Исследование влияния ПАВ на морфологию высоколегированных хромом медных гранулированных композиций.....	67
ЛОЗИКОВ И.А. Защитные атмосферы для плавки хромовых бронз.....	68
МАЛИНОВСКАЯ И.А. О возможности применения кварцевых песков месторождения «Городное» в производстве листового стекла	69
МАЧУЧКО С.К. Глазурное покрытие для облицовочных плиток однократного обжига.....	70
МАЧУЧКО С.К., МАЛИНОВСКАЯ И.А. Исследование кварцевых песков месторождения «Городное» для использования в стекольной промышленности.....	71
ОПИМАХ О.В., КУРИЛО И.И., ЯРОШУК А.А. Синтез лакокрасочного пигмента.....	72
ОПИМАХ О.В., КУРИЛО И.И., ГАЛКОВСКИЙ Т.В. Оценка ингибирующих свойств ортованадата висмута.....	73
ОПИМАХ О.В., КУРИЛО И.И., ЯРОШУК А.А. Мониторинг почв в районе расположения электростанций.....	74
ПАРНИЦКИЙ Н.М. Исследование свойств жаростойкого порошка на основе интерметаллида FeAl, легированного Cr.....	75
ПАРНИЦКИЙ Н.М. Исследование закономерностей МАСВС ультрадисперсных порошков на основе магнетита.....	76
ПОДБОЛОТОВ К.Б., ПОПОВ Р.Ю. Керамические защитные СВС-покрытия для футеровок теплотехнических установок.....	77
ПОЗДНЯКОВ Е.П. К вопросу ресурсного проектирования штамповой оснастки и деталей машин.....	78
ПОЗНЯК А.И. Роль гранулометрического состава в повышении механической прочности полуфабриката плиток.....	79
ПОЛУЯНОВИЧ Е.Ф. Полуфриттованные износостойкие глазурованные глазури для декорирования плиток для полов.....	80
ПОПОВ Р.Ю., СЕРГИЕВИЧ О.А., СИНЯКИНА Т.О., СЛАБКО О.В., ЛАСКОВЕЦ О.А. Глины и каолины Республики Беларусь – сырье для получения тугоплавких и огнеупорных керамических из-	

ПРУДНИКОВ А.П. Определение рациональной конструкции роликов для передачи с промежуточными телами качения.....	43
РОГАЧЕВСКИЙ С.Н. Анализ взаимодействия винта с коническими пальцами колеса червячной передачи качения.....	44
ТОМИЛО Е.В. Определение количества листов многолистовой рессоры.....	46
ТОМИЛО Е.В. Исследование динамики старта беспилотных летательных аппаратов с катапульты.....	47
ТРУСОВ И.В., ГОНЧАРОВ П.С. Бескорпусная редукторная вставка к электродвигателю, разработанная на базе прецессионной передачи типа К-Н-V.....	48
ФИТЦОВА Е.С. Оценка уравновешенности сферических передач с промежуточными телами качения.....	49

### Секция 3. Технологии получения и обработки новых материалов и покрытий

АНТИХОВИЧ И.В., АБЛАЖЕЙ Н.М. Электрохимическое осаждение никелевых покрытий из глицинатных и тартратных низкотемпературных электролитов.....	50
БАРАНОВ К.Н. Наследственное модифицирование заготовок из силумина АК18 при литье направленным затвердеванием от стержня.....	51
БАСАЛАЙ А.В. Плазменное легирование поверхностного слоя меди.....	52
БЛОХИН А.В., ЛОСЬ А.М. Литейные алюминиевые сплавы из вторичного сырья с повышенными характеристиками усталости.....	53
БОНДАРЕВ Р.А., ПОЛЯКОВА А.С. Определение оптимальных параметров процесса классификации полидисперсных материалов...	54
ГОРАВСКИЙ И.А. Обоснование технологических параметров размола в валковых мельницах.....	55
ГУНДИЛОВИЧ Н.Н. Применение отсевов и метадиабаз в производстве плиток типа «грес».....	56
ДЕРМАН Е.И. Новая конструкция роторной дробилки для измельчения отходов различных материалов.....	57
ДУВАЛОВ П.Ю. Получение из вторичного сырья свинцовых деталей и листов для приборов и средств радиационной защиты.....	58
ИЗОБЕЛЛО А.Ю., БАСАЛАЙ А.В. Анализ структуры броневой стали после высокотемпературной термомеханической обработки.....	59
КИЧКАЙЛО О.В. Термостойкие керамические изделия бытового назначения.....	60
КИЧКАЙЛО О.В., ШИМАНСКАЯ А.Н. Полуфриттованные глазурные покрытия с использованием гальванических отходов.....	61

Для определения величины повышения эксплуатационных свойств поверхностей, упрочненных по предложенной технологии, проведены триботехнические исследования образцов на трибометре АТВП, оснащенный устройством для измерения коэффициента трения.

Результаты исследований показали, что коэффициент трения образцов из стали 40Х (40–43 НРС) и стали 45 (200–220 НВ) после магнитно-динамического упрочнения уменьшается соответственно на 20–24 % и 12–16 % в сравнении с образцами со шлифованной поверхностью. Износ образцов из стали 40Х уменьшился в 3 раза, а образцов из стали 45 – в 2 раза.

Экспериментально определено, что магнитно-динамическое накатывание обеспечивает упрочнение поверхностного слоя детали из стали 45 (200–220 НВ) на глубину до 650 мкм и увеличение микротвердости на 20–25 %.

В работе получены зависимости шероховатости поверхности упрочненной детали от натяга между деформирующими и приводными шарами, а также от исходной шероховатости поверхности и числа рабочих ходов инструмента.

Разработаны прогрессивные конструкции инструментов с магнитным приводом деформирующих шаров для условий крупносерийного производства.

Результаты выполненных исследований внедрены в учебный процесс и производство для упрочняющей обработки ножей вала дробилки.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поляк, М. С. Технология упрочнения. Технологические методы упрочнения: в 2 т. / М. С. Поляк. – М. : ЛВМ-СКРИПТ, Машиностроение, 1995. – Т. 1. – 832 с.
2. Поляк, М. С. Технология упрочнения. Технологические методы упрочнения: в 2 т. / М. С. Поляк. – М. : ЛВМ-СКРИПТ, Машиностроение, 1995. – Т. 2. – 688 с.
3. Степанова, Т. Ю. Технологии поверхностного упрочнения деталей машин: учеб. пособие / Т. Ю. Степанова. – Иваново: Иванов. гос. хим.-технол. ун-т., 2009. – 64 с.
4. Свирепа, Д.М. Технологическое обеспечение качества внутренней цилиндрической поверхности деталей магнитно-динамическим раскатыванием : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Могилев, 2013. – 26 с.
5. Пат. 17545 Респ. Беларусь, МПК В24В39/00. Инструмент и способ магнитно-динамического упрочнения плоской поверхности детали / А. М. Довгалев, С. А. Сухоцкий; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т. – № а 20111278 ; заявл. 03.10.11.

БЕЛТРАН ХОСЕ ГУСТАВО

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

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«ВЛАДИМИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

им. А. Г. и Н. Г. СТОЛЕТОВЫХ»

Владимир, Россия

Для юстировки оптических систем в автоматизированных устройствах лазерной обработки используются способы, при которых лазерный луч ориентируют относительно оптической оси передающих и отклоняющих зеркал, и фокусирующей линзы, основанные на непосредственном или косвенном измерении отклонения луча от оптической оси системы зеркал и линзы.

Непосредственное измерение отклонения луча используется только в лазерных установках небольшой мощности, а юстировка осуществляется, главным образом, вручную. Автоматическая юстировка сопряжена со значительными трудностями, особенно при большой мощности излучения. Это обусловлено относительной неопределенностью геометрической формы луча по длине и сечению и размытостью его границ.

Косвенное определение величины смещения луча осуществляется либо по величине параметров излучения на выходе фокусирующей линзы, либо измерением нагрева отклоняющего зеркала с последующим анализом расположения теплового пятна.

Для автоматической юстировки предлагается система в которой измеряется величина и направление нагрузок, действующих на каждое подвижное звено робота; по геометрическим и упругим характеристикам каждого звена определяются величины линейного смещения и углового рассогласования между передающими и отклоняющими зеркалами, и фокусирующей линзой; по результатам вычисления формируют корректирующие сигналы на приводы механизмов юстировки. Разработана структура и математический аппарат, необходимые для параметрического синтеза предлагаемой системы автоматической юстировки. Показано, что для коррекции положения лазерного луча в оптической системе, содержащей до семи отклоняющих зеркал, достаточно перемещать два зеркала с помощью пьезо двигателей.

эксцентриковой зубчатой передачи.....	27
НЕРОДА Ю.П., САХАНЬКО С.А. Оптимизация процесса нанесения газотермического покрытия на шаровую опору автомобиля МАЗ.....	28
ПЕТРОВСКИЙ Д.Е. Процесс поверхностно-пластического деформирования.....	29
ПЕЧКОВСКАЯ О.Е., ПУГАЧ В.Ю. Анализ нагруженности зубьев колес в эксцентриковых передачах с модифицированным зацеплением.....	30
СТАРОСТИН Д.А. Концепция построения управляемого процесса лазерного термоупрочнения на базе двухканальной технологической обратной связи.....	31
СУХОЦКИЙ С.А., СВИРЕПА Д.М. Повышение износостойкости поверхностей деталей машин магнитно-динамическим упрочнением.....	32
СУША О.Н., КАРПОВИЧ С.С. Компьютерное моделирование поведения режущего инструмента в напряженном состоянии.....	33
ХВОРОВ И.А., ПОДРЕЗОВ В.П. Вопросы нейронного анализа и синтеза номенклатуры в металлообрабатывающей промышленности.....	34
ЧЕРНЯКОВ С.Г. Вопросы нормирования точности планетарного эксцентрикового редуктора с модифицированными зубьями сателлита.....	35
ШАКУН А.Н., РАДЮК Л.Н. Исследование остаточных суммарных напряжений в поверхностном упрочненном боросилицировании слое.....	36
ШАКУН А.Н. Кинетика изнашивания упрочненного боросилицированием слоя деталей трансмиссии лесных машин.....	37
ЮШКЕВИЧ Н.М. Эффективность использования пневмовибродинамической обработки для ремонта направляющих станин станков.....	38
<b>Секция 2. Механика машин и механизмов</b>	
ДОКОНОВ Л.Г., ДЕМЕНТУС Ю.А., СТЕПАНОВ И.О. Преимущества структурной схемы прецессионного редуцирующего механизма.....	39
МОСКАЛЕВ С.А. Методы расчета малых колебаний эллиптического маятника.....	40
ПАРФИЕВИЧ А.Н. Современные средства диагностирования состояния подшипников качения по вибропараметрам.....	41
ПРОХОРОВ А.П. Разработка пространственной расчетной схемы для оценки кинематических и динамических параметров исполнительного механизма.....	42

## СОДЕРЖАНИЕ

### Пленарное заседание

ЯКИМОВ Е.А. Оптимизация технологических процессов с помощью имитационного моделирования.....	3
СУХОЦКИЙ С.А. Технология магнитно-динамического упрочнения плоских поверхностей деталей машин.....	8

### Секция 1. Технология машиностроения, автоматизация технологических процессов и производств

БЕЛТРАН ХОСЕ ГУСТАВО Автоматическая юстировка оптической системы в лазер-роботе.....	12
ВЕРЕМЕЙ П.В., ЯРКОВИЧ Д.В. Компьютерное моделирование процессов лазерной закалки.....	13
ГАЛИЛЕЕВ А.Г., КАВАЛЬЧУК О.Н., ЛАПКОВСКИЙ А.С. Изменение физико-механических характеристик твердых сплавов группы ВК в результате лазерной термической обработки.....	14
ГОРШКОВА А.А. Способы ремонта внутренних цилиндрических поверхностей гильз двигателей внутреннего сгорания.....	15
ГУСТЯКОВ П.В., ВЕРЕМЕЙ П.В. Параметры шероховатости при ленточном пилении.....	16
ДЕМИДЕНКО Е.Ю., ВИНКЕВИЧ Ю.Н. Управление силовыми параметрами шлицефрезерования на станке с ЧПУ.....	17
ЕГОРОВ А.П. Автоматизированная система разметки крупногабаритных валов сложной формы для их утилизационной резки.....	18
КАЗАКОВ А.В. Особенности прогнозирования точности обработки ступенчатых валов на токарных станках с ЧПУ.....	19
КАЛЕЕВ Д.Н. Методика экспериментальных исследований усовершенствованной червячной передачи.....	20
КОСТЮК О.И. Исследования влияния режимов шлифования древесины на мощность резания.....	21
ЛЕВКОВИЧ В.В. Скручивающее действие валков при валковом обжиге.....	22
ЛОБОРЕВА Л.А. Планирование траектории сборочных роботов.....	23
МИРОНОВА М.Н. Анализ факторов, влияющих на точность обработки отверстий на основе использования функциональных семантических сетей.....	24
МУНГИА ЛОСАНО ГИЛЬЕРМО Система управления технологическим манипулятором для лазерной резки металлических изделий.....	25
МЯЛИК Я.В. К вопросу об управлении двухколесной балансирующей платформой.....	26
НЕПША Д.В., ГОНЧАРОВ М.В. Анализ плавности работы	

УДК 621.77

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЛАЗЕРНОЙ ЗАКАЛКИ

П. В. ВЕРЕМЕЙ, Д. В. ЯРКОВИЧ  
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Актуальным направлением развития технологий упрочняющей обработки является использование высококонцентрированных источников энергии, в частности, волоконных лазеров для поверхностной термической обработки металлов и сплавов [1, 2].

Образцы (пластины, сталь 45, размеры 120x20x8, исходная шероховатость Ra5, исходная микротвёрдость 1950-2160 МПа) закалялись на комплексе лазерной термической обработки ЛС-2.

Немаловажной при закалке является тепловая задача, решение которой в общем виде сводится к уравнению распределения теплоты при быстродвижущемся источнике определенного сечения в пластине [3].

Ряд режимов лазерной закалки сканирующим излучением был смоделирован при помощи программного продукта Comsol, конкретнее – с помощью модуля теплообмена (Heat Transfer Module). Модуль включает в себя расчет и моделирование процессов теплообмена всеми механизмами – конвекцией, теплопроводностью и излучением.

Однако полученная модель хорошо описывает процесс лазерной закалки сканирующим излучением в узких пределах. При более широком диапазоне скоростей закалки и частот сканирования наблюдаются значительные отклонения от экспериментальных значений, что может быть связано с тем, что процессы, происходящие в зоне обработки, можно считать приложенными к полубесконечному телу.

Математическая модель процесса лазерной закалки сканирующим излучением с допущениями о нагреве полубесконечного тела наиболее близко подходит для описания теплофизических процессов, происходящих в стали 45.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скрипченко, А. И. Так закалялась сталь или тестирование процесса закалки сталей излучением волоконных лазеров / А. И. Скрипченко, В. М. Медвецкий, В. Попов // Ритм. – 2007. – С. 52–53.
2. Григорьянц, А. Г. Технологические процессы лазерной обработки / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров. – Изд.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 663 с.
3. Лазерная и электроннолучевая обработка материалов: справочник / Н. Н. Рыкалин [и др.] – М. : Машиностроение, 1985. – 496 с.

УДК 621.983  
ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТВЕРДЫХ  
СПЛАВОВ ГРУППЫ ВК В РЕЗУЛЬТАТЕ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ  
ОБРАБОТКИ

А. Г. ГАЛИЛЕЕВ, О. Н. КАВАЛЬЧУК, А. С. ЛАПКОВСКИЙ  
Научный руководитель О. Г. ДЕВОЙНО, д-р техн. наук, проф.  
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Твердосплавный режущий инструмент нашел широкое применение в обработке твердых материалов, таких как металлы, композиционные материалы и заэвтектические сплавы. Во время процесса резания, в результате приложения нагрузки выделяется тепло, имеет место адгезия, диффузия и окисление передней кромки. Эта ситуация является более выраженной при высоких скоростях резания. Термическое упрочнение твердых сплавов позволяет улучшить качество инструмента и увеличить его стойкость за счет более сильного соединения карбидной фазы и связующего вещества. Это может быть достигнуто путем контролируемого плавления и затвердевания материала инструмента. Одним из методов для термического упрочнения является лазерная обработка.

Лазерная термическая обработка (ЛТО) твердых сплавов приводит к резкому изменению их фазового состава. При ЛТО в исходном состоянии карбидной фазы с ГПУ решеткой в зоне лазерного воздействия появляются также  $W_2C$  и  $WC_{куб}$ . Количественное соотношение  $WC_{гекс}$ ,  $WC_{куб}$  и  $W_2C$  зависит от скорости перемещения луча и плотности мощности лазерного излучения. Кроме того, наблюдается интенсивное растворение карбидной фазы в связующем кобальте, что способствует обогащению расплава связующего компонента вольфрамом и углеродом. При охлаждении происходит дисперсионное твердение связующей фазы за счет насыщения ее вольфрамом и углеродом. В зоне лазерной обработки наблюдается частичное обезуглероживание с выделением свободного углерода.

Одним из главных недостатков лазерной обработки твердых сплавов непрерывным излучением является образование трещин (дефектного слоя) на поверхности инструмента. Ввиду этого, является очень важной задачей недопущения появления трещин при обработке или сокращения величины дефектного слоя. Этого можно добиться, регулируя термический цикл в процессе упрочнения.

Было установлено, что степень упрочнения твердых сплавов ВК3-ВК15 после лазерной обработки возрастает с повышением содержания кобальта и увеличением размера карбидных зерен. Наличие упрочненного поверхностного слоя в зоне лазерного воздействия обеспечивает повышение сопротивления абразивному износу твердых сплавов в несколько раз.

УДК 331.36  
АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ЖЦ ИННОВАЦИОННОГО ОПЫТА  
ДЛЯ АЛМАЗООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Д. Ю. ШУТОВА  
Научный руководитель М. И. ДЛИ, д-р техн. наук, проф.  
Филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего профессионального образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»  
Смоленск, Россия

Под инновационным опытом понимают совокупность новых знаний и компетенций, которые могут быть использованы в практической деятельности по созданию и организации производства новой продукции, либо улучшению характеристик существующей, которые были получены в ходе практической деятельности сотрудников и прошли апробацию в реальных условиях хозяйствования.

Принимая за основу такие стадии жизненного цикла инновационного опыта (ЖЦИО) как получение, накопление, использование и устаревание, на основе анализа бизнес-процессов алмазобрабатывающих предприятий можно идентифицировать ЖЦИО, используемого при реализации таких основных производственных операций, как огранка и разметка (рис. 1).

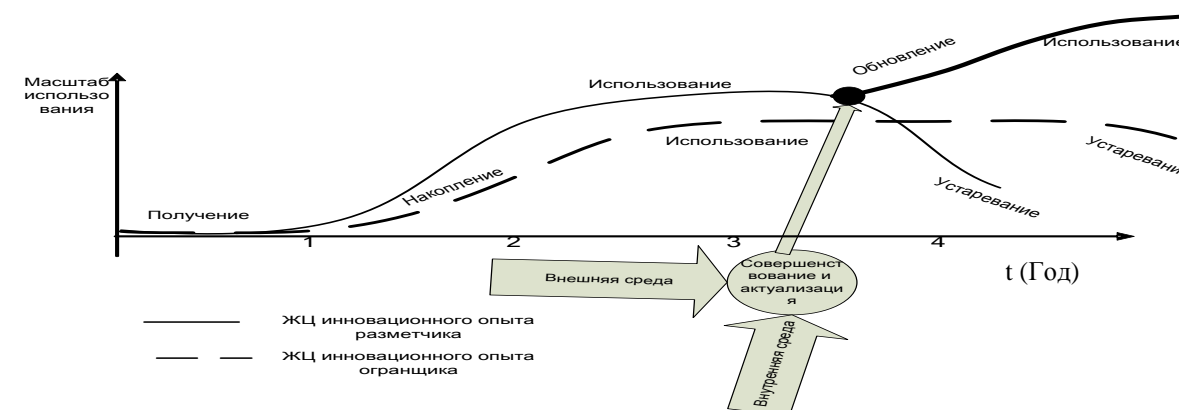


Рис. 1. Жизненные циклы инновационного опыта огранщика и разметчика

Однако, основной задачей любого предприятия является максимальное эффективное использование приобретенного инновационного опыта.

Однако, как и любой другой опыт, инновационный опыт может устаревать, т.е. его использование становится не эффективно или уже не представляется необходимым. Для того, чтобы продлить период использования опыта необходимо своевременно определять момент необходимости проведения процедуры «обновления» инновационного опыта.

В. А. ШУБЕНКОВА

Научный руководитель М. Г. КУЛИКОВА, канд. техн. наук, доц.  
Филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего профессионального образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»  
Смоленск, Россия

Россия входит в состав лидеров по потреблению чая в мире, 96 % населения употребляет чай постоянно. Таким образом, Россия занимает четвертое место в мире после Индии, Китая и Турции. Рынок чая является относительно стабильным и практически не зависит от экономических проблем, так как чай является востребованным продуктом.

В России выращивается всего 1 % от общего потребления чая, все остальное приходится на импорт. Большая часть импорта приходится на черный чай, в то время как доля зеленого чая составляет 8 %. В настоящее время популярностью стали пользоваться фруктовый чай и фиточай.

Маркетологи отмечают, что производство фиточая является перспективным направлением. При возрастающем стремлении населения к здоровому образу жизни, фиточай начинает привлекать все большее внимания потребителя. Рост продаж этого продукта уже составляет 10–12 % и эта положительная тенденция в ближайшие годы должна сохраняться.

Молодым компаниям сложно войти в рынок чая, так как рынок консолидирован. Пять крупных компаний контролируют 75 % рынка, такие как: "Unilever", "Орими Трейд" и другие. Заметно, что крупные зарубежные корпорации стали захватывать все большую долю рынка, в то время, как российские компании осваивают рынки ближнего зарубежья.

По итогам 2012 г. Шри-Ланка является основным поставщиком черного чая в Россию, а основным импортером зеленого чая стал Китай.

По мнению некоторых аналитиков, рынок чая в России приблизился к стадии насыщения, и в борьбе за потребителя производители чая будут переманивать потребителей продуктов-субститутов, или за счет агрессивной маркетинговой активности, наделяя чайную продукцию «дополнительными» полезными характеристиками или выпуском продукции с новыми товарными характеристиками (дизайн упаковки, вид упаковки).

В настоящее время одним из направлений развития является создание инновационных и интересных для потребителя чайных продуктов. Наиболее перспективны в этом отношении фруктовый чай и фиточай, которые обладают как биологической активностью, новыми вкусами, так и высокой привлекательностью для потребителей.

А. А. ГОРШКОВА

Научный руководитель Е. В. ИЛЮШИНА, канд. техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Восстановление внутренней цилиндрической поверхности гильз двигателей внутреннего сгорания (ДВС) в ремонтные размеры производят способами лезвийной (расточивание резцами, развертывание), абразивной обработки (хонингование, шлифование, суперфиниширование, притирка, полирование), а также поверхностным пластическим деформированием (ППД) (вибронакатывание, выглаживание, раскатывание, пневмоцентробежная обработка).

При этом анализ литературных источников показал, что использование способов ППД на окончательном этапе обработки зеркала гильз ДВС в ремонтном производстве предпочтительнее, чем применяемое плосковершинное хонингование, позволяющее получать поверхности с шероховатостью по параметру Ra до 0,16 мкм, точностью размеров по 6–7 качеству и увеличением микротвердости по сравнению с исходной на 20–40 %.

Способы ППД гильз ДВС позволяют улучшить качество обработанной поверхности, при этом шероховатость поверхности по параметру Ra снижается до 0,16 мкм, точность достигает 6–9 качества, относительная опорная длина профиля увеличивается до 90 %, на обработанной поверхности отсутствуют зерна абразива, исключено возникновение прижогов, обезуглероживания и термических напряжений, в поверхностном слое образуются положительные остаточные сжимающие напряжения.

В качестве альтернативы хонингованию предлагается впервые созданная простая технология восстановления зеркала гильзы, согласно которой вместо применяемого плосковершинного хонингования производят тонкое пластическое деформирование посредством финишной упрочняющей ПЦО. Использование ПЦО позволяет более чем в 20 раз снизить расход электроэнергии в сравнении со станками для алмазного хонингования.

Прогнозируется увеличение износостойкости гильз ДВС после упрочняющей ПЦО в 1,5...1,8 раза.

П. В. ГУСТЯКОВ, П. В. ВЕРЕМЕЙ

Научный руководитель Э. М. ДЕЧКО, д-р техн. наук, проф.  
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

На современном этапе развития процессов обработки металлов резанием около 80 % заготовок на заготовительных производствах обрабатывают при помощи ленточнопильных станков.

Технология ленточного пиления применяется в единичном и мелкосерийном производстве во многих отраслях промышленности (автомобильная, строительная и др.).

В данной работе определены параметры шероховатости поверхности среза ( $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$ ) при ленточном пилении в зависимости от величины подачи. Выбор рационального режима резания позволит исключить подрезку торца на дорогостоящем фрезерно-центровальном оборудовании, заменив его более дешевым вертикально-сверлильным.

Объектом исследования являлся процесс обработки прутка  $\varnothing 70$  из стали 45 с помощью ленточнопильного станка модели MEBAswing 230G с биметаллическим ленточным полотном 2720x27x0,9 с переменным шагом фирмы «ВИ-МЕНС».

При варьировании величины подачи в широких пределах получена параболическая зависимость параметров шероховатости (U-образная кривая). Экстремум параболы соответствует наилучшему сочетанию качества обработанной поверхности и производительности процесса.

Выводы.

1. Вершина параболы, а соответственно и минимальное значение шероховатости находится в пределах от 29,17 мм/мин до 53,85 мм/мин. При этом в крайних точках значения шероховатости отличаются друг от друга на несколько микрометров, что объясняется неравенством подачи по сечению.

2. Наблюдается увеличение шероховатости, как в области малых подач, так и в области больших подач.

3. В соответствии с вышесказанным, подача 53,85 мм/мин предпочтительнее, так как она является более производительной и колебания подачи при ней не происходят.

4. Параболическая зависимость наблюдается и в отношении таких показателей шероховатости как  $R_a$  и  $R_z$ .

Е. Н. ШЕРОБУРКО

Научный руководитель С. Н. ГНАТЮК, канд. экон. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Процесс осуществления закупок за счет средств государственного бюджета в настоящее время претерпевает значительные изменения. Происходит интеграция государств Таможенного Союза в данной сфере, осуществляется переход к электронным процедурам закупок, что способствует более рациональному и эффективному использованию бюджетных средств, снижению уровня коррупционных взаимодействий и формированию конкурентного рынка государственных заказов.

Базисным документом, положившим начало интеграции сторон в вопросе осуществления государственных закупок с использованием электронных процедур закупок, стало Соглашение о государственных (муниципальных) закупках от 09.12.2010 г., заключенное в г. Москве Правительствами Республики Беларусь, Российской Федерации и Республики Казахстан.

Оно подтверждает намерение развивать экономическое сотрудничество и расширять торгово-экономические связи Сторон; закрепляет необходимость гармонизации законодательств государств Сторон в области государственных и (или) муниципальных закупок и направлено на проведение согласованной политики в области государственных и (или) муниципальных закупок.

В Соглашении даются основные термины, используемые в сфере государственных закупок, приведен исчерпывающий перечень способов проведения закупок, закрепляются требования к сфере закупок, среди которых предоставление национального режима государствам Сторон; обеспечение информационной открытости и прозрачности закупок; запрет на установление условий закупок, в том числе условий договоров (контрактов) о закупках, которые влекут за собой ограничение количества поставщиков и потенциальных поставщиков. В настоящее время внесены изменения в законодательство Республики Беларусь и Российской Федерации, направленные на приведение нормативно-правовой базы в соответствие с Соглашением, внедрены информационные системы, обеспечивающие процесс проведения закупок в электронном формате, и введен национальный режим для Российской Федерации и Республики Беларусь. До 1 января 2014 г. ожидается введение национального режима для всех государств-участников Соглашения.



О. И. ЧУМАЧЕНКО, Л. И. ПУШКИНА

Научный руководитель С. Н. ГНАТЮК, канд. экон. наук, доц.

Государственное учреждение высшего профессионального образования

«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Инновации, будучи мощным двигателем общественного прогресса, несут в себе множество положительных эффектов, хотя, при этом, они не лишены и негативных аспектов в экологическом и социальном плане. Инновации вынуждают общество менять образ жизни. И чем больше их удельный вес, тем более сильны и заметны вызванные ими изменения.

Начинающаяся стадия исторического развития, которую называют «третьей волной», информационным обществом, эпохой инновационной экономики, постиндустриальным обществом, как и все предыдущие периоды, в основном характеризуется уровнем экономического развития. Считается, что если предыдущий этап, индустриальный, был основан на развитии крупного промышленного производства, то фундамент постиндустриального общества представляет инновационная экономика, институциональные основы которой характеризуются инновационными процессами. То есть предполагается, что поскольку в постиндустриальном обществе наибольшее развитие получают наукоемкие, ресурсосберегающие и информационные технологии, то в экономике должны использоваться не столько материальные (вещественные, энергетические) ресурсы, сколько ресурсы нематериальные (интеллектуальные, информационные).

Эпоха инновационной экономики, проявившая себя при переходе в третье тысячелетие, затрагивает как все стороны экономической и общественной жизни, так и всю социальную, духовную и естественную среду обитания человека. Одновременно необходимо учитывать, что в постиндустриальный период становится очевидным – сама экономика из вещественной категории превращается в категорию нравственную.

Одной из важных проблем постиндустриального общества становится экологическая проблема, решение которой большинством ученых и специалистов признается важнейшим приоритетом социальной стратегии нынешнего этапа цивилизационного процесса. В условиях инновационной экономики экологическая безопасность требует особого внимания ввиду потенциальных рисков как еще недостаточно проверенных новейших технологий (таких, как нанотехнологии), так и несовершенных, с позиции безопасности технологий.

Е. Ю. ДЕМИДЕНКО, Ю. Н. ВИНКЕВИЧ

Научный руководитель А. А. ЖОЛОБОВ, канд. техн. наук, проф.

Государственное учреждение высшего профессионального образования

«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилёв, Беларусь

Многочисленные непредсказуемые переменные факторы обработки часто приводят к перегрузке, нестабильным условиям и повреждениям систем станка. Необходимо создание и развитие активной, интеллектуальной адаптивной системы управления, которая будет постоянно анализировать широкий спектр контролируемых параметров процесса обработки и автоматически поднастраивать работу станка с ЧПУ в режиме реального времени.

В свою очередь, анализ производительности и эффективности применения на операциях шлицеобработки широкоупотребляемого режущего инструмента позволяет сделать вывод о том, что роль такого инструмента как червячная модульная фреза достаточно высока.

Каждый зуб фрезы в процессе резания снимает определенный слой материала заготовки. Удаляемый слой имеет определенные геометрические и физические параметры: массу, толщину, ширину, объём, площадь в сечении, форму стружки, температуру, плотность, твёрдость и др. На величину данных параметров влияют режимы резания. В свою очередь и величина сил резания зависит от режимов резания. Следовательно, теоретически можно предположить, что существует зависимость сил резания от геометрии срезаемого слоя.

Поэтому, целесообразно рассмотреть процесс управления силой резания при шлицефрезеровании путем оптимизации геометрических параметров срезаемого слоя зубом червячной фрезы, что в итоге как планируется, приведет не только к повышению производительности и качества обработки, вследствие управляемого изменения силового характера обработки, но и к увеличению срока службы самого инструмента.

В результате была получена зависимость силы резания от величины подачи на определенном участке обработки (врезание, обработка на полную глубину и выход фрезы). Данная зависимость имеет ступенчатый характер, которая может быть сглажена при помощи известных математических методов.

УДК 681.5

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАЗМЕТКИ  
КРУПНОГАБАРИТНЫХ ВАЛОВ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ  
ДЛЯ ИХ УТИЛИЗАЦИОННОЙ РЕЗКИ

А. П. ЕГОРОВ

Научный руководитель В. П. УМНОВ, канд. техн. наук, доц.  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«ВЛАДИМИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. А. Г. и Н. Г. СТОЛЕТОВЫХ»  
Владимир, Россия

Предприятия, имеющие оборудование для горячей штамповки иковки, испытывают потребность в получении полуфабрикатов определённой массы, которые можно получить при безотходной утилизационной резке валов и других деталей класса 40. Это требует применения специальной автоматизированной установки разметки валов с точностью до десятых и сотых долей килограмма.

Для решения поставленной задачи предлагается использовать разметочную установку, вычисляющую массу с помощью датчиков расстояния и информации с энкодера следящего привода.

Установка состоит из следующих основных компонентов: механизма базирования объекта (зажимное устройство), привода перемещения ультразвукового датчика, лазерного отметчика для нанесения линии реза и пульта управления.

Для перемещения датчика используется следящий привод с частотным управлением, содержащий оригинальную передачу с разомкнутым зубчатым ремнём, обеспечивающим как необходимую точность позиционирования так и оптимальную стоимость комплектующих.

Система управления включает в себя процессор, который получает данные с датчиков, вычисляет объем и формирует управляющие сигналы на привод. Значение объема выводятся на знакосинтезирующий экран. Разработаны алгоритмы вычисления массы полых валов с различной толщиной стенок. Предлагается два компоновочных решения позиционирования объекта: с центрированием оси вала и одним датчиком, а так же свободным позиционированием с использованием трёх датчиков и построением окружности по трём точкам.

Расчётная погрешность определения массы отмеченного участка, должна составлять не более 0,05 кг.

УДК 347.441.83

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРАВНИТЕЛЬНОГО ПОДХОДА ДЛЯ РЫНОЧНОЙ  
ОЦЕНКИ ЖИЛОЙ НЕДВИЖИМОСТИ В ГОРОДАХ

В. И. ЧИРКОВ

Научный руководитель И. А. ЕЛОВОЙ, д-р экон. наук, проф.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»  
Гомель, Беларусь

Применение метода сравнительного анализа при рыночной оценке объектов недвижимости, имеет преимущественное значение перед другими существующими подходами, особенно когда есть достаточное количество информации по объектам – аналогам. Но, несмотря на применяемую повсеместно практику данного метода, его возможности не полностью раскрыты в отношении недвижимости относящейся к жилому фонду. На сегодняшний день, применяя различные корректировки при оценке, приходится постоянно ориентироваться на какие либо рассчитанные поправочные коэффициенты, величина которых либо задаётся на основании практики, либо определяется оценщиком по преимуществам и недостаткам объекта недвижимости.

На сегодняшний день разработана относительно новая методика рыночной оценки жилой недвижимости в городах, которая не только упрощает и ускоряет определение стоимости, но и увеличивает достоверность такой оценки. В основе такой оценки стоит деление города на ценовые сектора, где исходя из характеристик недвижимости и определения поправочных коэффициентов влияния на цену, которые в дальнейшем не требуют постоянного расчёта и зависят только от расчётной (базовой) стоимости квадратного метра объекта недвижимости, определяется статистическая зависимость:

$$V = V_{1 \text{ м.кв.}}^{рб} * S_{об} * K_p, \quad (1)$$

где:  $V_{1 \text{ м.кв.}}^{рб}$  – расчётная рыночная (базовая) стоимость одного кв. м.;  $S_{об}$  – общая площадь объекта оценки;  $K_c$  – расчётный коэффициент, определяемый на основе произведения коэффициентов влияния на рыночную стоимость.

Рыночная-базовая стоимость квадратного метра рассчитывается по формуле

$$V_{рб} = \frac{\sum_{i=1}^k \frac{V_i}{S_{об i} * K_{pi}}}{n} \quad (2)$$

где:  $n$  – количество объектов недвижимости.

А. А. ТЮТЮННИК

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»  
Смоленск, Россия

Малый бизнес является неотъемлемым составным элементом эффективного функционирования всего механизма экономической инновационной системы. Именно данная категория формирует производственный, экономический, научно-технический потенциал, являясь наиболее массовой, динамичной и гибкой формой деловой жизни, питая крупный бизнес. Развитие малого бизнеса способствует нейтрализации безработицы и других негативных явлений экономических процессов, стимулирует ускорение экономического роста государства, а также является одним из эффективных направлений самореализации человека. Быстрая адаптация к локальным условиям хозяйствования, гибкость и оперативность в принятии и реализации решений способствуют широкому распространению малого бизнеса. Именно развитие малого бизнеса должно стать фундаментом становления инновационной экономики страны, в силу того, что непосредственно малый бизнес напрямую связан с практической реализацией и внедрением инновационных решений. Предприниматели наиболее близки непосредственно к потребителю, лучше чувствуют и понимают его желания и потребности. Также необходимо отметить, что некоторые инновационные проекты в самой основе нацелены на небольшие масштабы производства, на уникальность и эксклюзивность.

Одним из приоритетных направлений развития бизнеса в РФ для малых предприятий является ИТ-аутсорсинг. Сейчас требуется значительная государственная поддержка для малого бизнеса в сфере ИТ. Совместные усилия местных органов власти и малого бизнеса в сфере ИТ позволят промышленным предприятиям улучшить свою деятельность путем использования передовых ИТ, что в конечном итоге приведет к значительному повышению как конкурентоспособности местных товаропроизводителей, так и улучшению экономического состояния региона. Создание благоприятных условий для малого бизнеса в сфере ИТ также должны включать в себя мероприятия по развитию кластеров и ряд специфических мероприятий, направленных, преимущественно, на деятельность малых и средних предприятий.

А. В. КАЗАКОВ

Научный руководитель А. А. ЖОЛОБОВ, канд. техн. наук, проф.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

При токарной обработке ступенчатого вала по мере снятия припуска и продвижения резца от задней бабки к шпиндельному узлу станка изменяются жесткость, а, соответственно, и деформация заготовки, величина упругой деформации передней и задней бабок. В результате получается деталь, каждая ступень которой, имеет не только переменный диаметр, но и погрешности профиля продольного сечения, находящиеся в зависимости от диаметра и длины ступени. При неблагоприятных условиях величины указанных погрешностей могут превысить допуски, указанные на чертеже детали. Поэтому для обеспечения точности процесса точения необходим строгий учет возникающих и изменяющихся в технологической системе погрешностей. При этом в значительной степени на точность обрабатываемой поверхности влияют геометрическая точность технологической системы и податливость её элементов под действием сил резания. В связи с этим, для осуществления прогнозирования точности токарной обработки ступенчатого вала создана математическая модель. Разработанная математическая модель позволяет выявить и оценить влияние деформации заготовки, инструмента, задней и передней бабок станка на точность размеров и формы обрабатываемых поверхностей ступенчатого вала. В созданной математической модели были учтены следующие параметры: пространственные отклонения заготовки, погрешность установки заготовки, смещение центровых отверстий заготовки (при обработке в центрах); погрешность базирования заготовки в патроне; смещение оси задней бабки; податливость шпиндельного узла; податливость задней бабки; жесткость инструмента; упругая деформация заготовки.

Одновременно, при разработке модели было принято допущение о том, что материал поверхности заготовки имеет однородную структуру и равномерную твердость.

Сущность разработанной математической модели заключается в применении дифференциального уравнения изогнутой оси балки для расчёта упругих деформаций, возникающих в технологической системе, что позволяет более точно раскрыть сущность моделирования процессов токарной обработки ступенчатых валов на станках с ЧПУ.

УДК 621.83

МЕТОДИКА ЭСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ЧЕРВЯЧНОЙ ПЕРЕДАЧИ

Д. Н. КАЛЕЕВ

Научный руководитель А. В. КАПИТОНОВ, канд. техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Разработана конструкция червячной передачи, которая имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционной червячной передачей. К таким преимуществам относятся: более высокий КПД; использование стали вместо бронзы при изготовлении червячного колеса; уменьшенные размеры червяка; разгрузка подшипниковых узлов; уменьшение температурного нагрева; значительное уменьшение материалоемкости.

В усовершенствованной передаче предложена новая конструкция червячного колеса с модифицированной формой зуба, а также измененная конструкция червяка.

Экспериментальные исследования усовершенствованной червячной передачи состоят из трех этапов: исследование КПД, анализ напряжений и деформаций, возникающих при работе экспериментальной конструкции червячной передачи, температурные измерения.

Для исследования КПД червячного редуктора был использован стенд, разработанный кафедрой «Основы проектирования машин» ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет».

Данный стенд предназначен для контроля КПД механических передач. Стенд состоит из следующих элементов: ПЭВМ, пульт управления асинхронным частотно-регулируемым электродвигателем, асинхронный частотно-регулируемый электродвигатель, датчики крутящего момента, магнитный тормоз.

Анализ напряжений и деформаций, возникающих при работе экспериментальной конструкции червячной передачи, был проведен при помощи САПР Ansys. Трёхмерное моделирование передачи было выполнено посредством САПР Unigraphics (NX).

Для контроля температуры нагрева редуктора в период работы, во время испытания применялся тепловизор.

Используемый тепловизор позволял производить измерения температуры в диапазоне от  $-20$  до  $+280$  °С.

Замеры температуры производились при работе редуктора с различной нагрузкой на протяжении всего эксперимента (в течение 40 минут).

УДК 378

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБУЧЕНИЕ КАК  
ПАРАДИГМА НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

К. С. САМАРЦЕВ

Научный руководитель В. И. АВЕРЧЕНКОВ, д-р техн. наук, проф.  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Брянск, Россия

Непрерывное образование человека в рамках индивидуальной образовательной траектории образует фундаментальную ценность в глобальной экономике и выступает решающим фактором для конкуренции на рынке труда. Образовательные потребности человека определяются личностно-ориентированными способностями и успешностью использования приобретенных знаний и компетенций, которые не являясь продуктами конечного потребления, выступают средствами обеспечения прироста доходов как частных лиц, так и организаций.

Принципиально новые задачи в науке, технике и производстве обуславливают тот факт, что около 50 % профессиональных знаний специалист должен получить после окончания учебного заведения. По данным ЮНЕСКО, 85 % работающего населения приобрели необходимые компетенции для работы дополнительно – за рамками формального образования.

Большие масштабы общеобразовательной и общекультурной, или общеразвивающей подготовки всех категорий населения, обусловлены быстрым устареванием, в первую очередь, технологических знаний и непрерывным ростом потребностей человека, как-то: информатизации и коммуникативных навыков, языковой подготовки, получения психологических, культурологических и иных гуманитарных знаний и т.п. Индивидуальная познавательная деятельность, чаще являясь неинституционализированной, не обязательно связана с работой, жизнью в семье или проведением досуга, не структурирована с точки зрения целей, продолжительности обучения и не приводит к получению документа об окончании.

В реальной жизни временные и материальные ресурсы ограничены и находятся в прямой зависимости от политической и экономической конъюнктуры, что не позволяет личности одновременно совершенствовать профессиональное мастерство и индивидуальное развитие. В большинстве стран Европы и в США весь прирост участвующих в образовании вызван потребностями работы и лишь незначительно – с целью саморазвития. Поэтому в сегодняшней парадигме непрерывного образования доминирует постоянно обновляемое дополнительное профессиональное обучение, которое не только создает материальные предпосылки обеспеченности, но и высвобождает ресурсы для содержательного досуга, приобщения к общечеловеческим ценностям, развитию нравственности в рамках саморазвития и, как следствие, персонального развития человека.

Л. И. ПУШКИНА

Научный руководитель С. Н. ГНАТЮК, канд. экон. наук, доц.

Государственное учреждение высшего профессионального образования

«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

С переходом Беларуси к рынку и внешнеэкономической открытости необходимым условием выживания и развития отечественных производителей товаров стало обеспечение конкурентоспособности выпускаемого ими продукта. Ввиду объективно обусловленной ограниченности ресурсов Беларуси как относительно небольшой страны, важную роль в модернизации промышленного производства на основе технологических инноваций должно сыграть привлечение ресурсов из-за рубежа. Отставание в инновационном развитии снижает конкурентоспособность национальной экономики, повышает ее уязвимость от возможных факторов нестабильности мирового рынка.

Обозначившиеся в последние годы тенденции экономического и научно-технического развития Беларуси, и, прежде всего, набирающие силу процессы реконструкции и технического перевооружения экономики на новой технологической базе, дают основания для вывода о том, что страна вступает в период масштабной модернизации.

Изучение промышленного производства и экспорта инновационных товаров Беларуси позволяет выявить основные проблемы развития инновационной деятельности, которые можно сгруппировать следующим образом:

- продолжает сохраняться разрыв между наукой и производством, научными исследованиями и практической реализацией результатов исследований и разработок. Перспективные технологии не включаются в хозяйственный оборот, применение информационных технологий в процессах производства, управления и проектирования на порядок ниже, чем в промышленно развитых странах;

- ограниченны частные инвестиции, предпринимательский сектор не способен нести существенные затраты по созданию научно-технических разработок;

- инновационная инфраструктура имеет переходный характер, что выражается в разрушении системы, обслуживающей инновационный процесс в плановой экономике;

- в стране отсутствует отечественное предложение венчурного капитала.

О. И. КОСТЮК

Научный руководитель А. А. ГРИШКЕВИЧ, канд. техн. наук, доц.

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

Минск, Беларусь

В БГТУ проведены исследования технологических режимов, влияющих на мощность резания при шлифовании древесины сосны, березы, ольхи и дуба электрокорундовым шлифовальным инструментом зернистостью Р80, Р120, Р150, Р320. Шлифование следует рассматривать как специфический процесс резания, к описанию которого не могут быть непосредственно применены закономерности обычного лезвийного резания. Исследования проводились с помощью современной экспериментальной установки на базе промышленной машины – BULDOGBRISKFRC-910 с ЧПУ, оснащенной высокого уровня измерительно-регистрирующей аппаратурой. При шлифовании на станке древесины березы с припуском 0,4 мм, скорость резания 18 м/с и скорость подачи 4 м/мин получилась следующая зависимость влияния длины пути резания на потребляемую мощность (рис. 1). Экспериментальные зависимости получены и для древесины сосны, ольхи, дуба и сделаны соответствующие выводы.

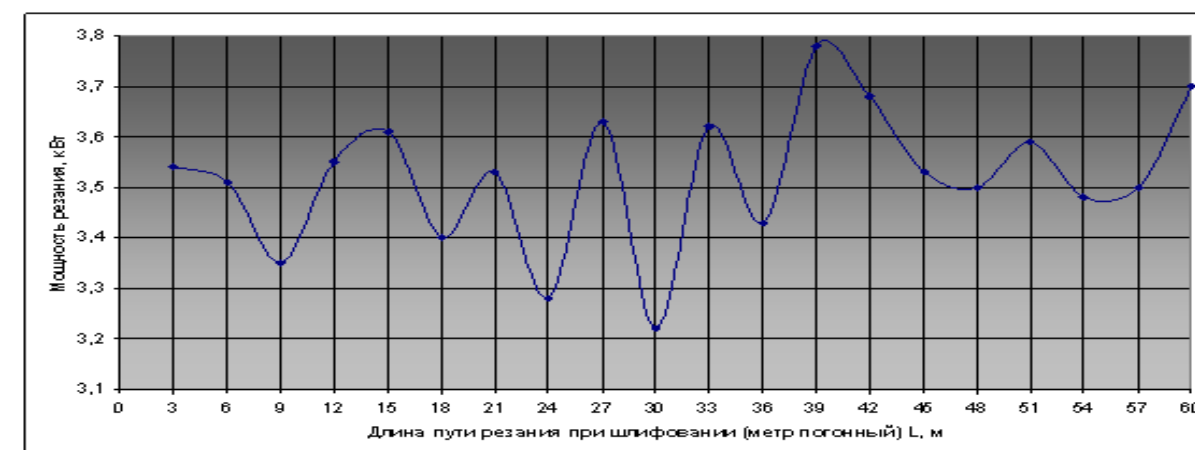


Рис. 1. Зависимость мощности на резание от длины пути шлифования древесины березы при скорости подачи 4 м/мин

#### ВЫВОДЫ.

1. При шлифовании древесины березы с припуском 0,4 мм, скорость резания 18 м/с, скорости подачи 4 и 6 м/мин потребляемую мощность можно считать величиной постоянной. 2. При калибровке древесины ольхи затраты мощности на 150 мм ширины шлифования составило в среднем 0,5 кВт, а березы в 2,5–3,0 раза больше.

В. В. ЛЕВКОВИЧ  
Научный руководитель В. А. ТОМИЛО, д-р техн. наук, доц.  
Государственное научное учреждение  
«ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ НАН Беларуси»  
Минск, Беларусь

При валковом обжиге (рис. 1) заготовка подвергается скручивающему действию валков. В большинстве случаев данное явление относится к отрицательным, т.к. приводит к износу валков, лишнему расходу энергии на трение скольжения и образованию в металле дополнительных растягивающих напряжений, достигающих максимального значения на наружной поверхности заготовки. Однако в случае, если труба в процессе эксплуатации будет подвергаться тангенциальным растягивающим напряжениям, скручивание улучшает механические свойства в тангенциальном направлении.

В сечении входа в валки сопротивление пластическому скручиванию является максимальным, а момент скручивания равен нулю. При движении вправо от сечения входа сопротивление уменьшается, а момент скручивания, приложенный к заготовке со стороны валков, возрастает.

Скручивание зависит в основном от степени изменения отношения радиуса валка  $R$  к радиусу заготовки  $r$ , от угла подачи валков и коэффициента осевой скорости. С увеличением степени изменения отношения  $R/r$ , уменьшением угла подачи и коэффициента осевой скорости, скручивание возрастает. На рис. 2 приведена фотография, на которой заготовка подверглась скручиванию вследствие увеличения отношения радиуса валка к радиусу заготовки.

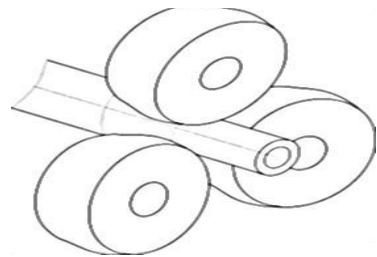


Рис. 1. Схема валкового обжига



Рис. 2. «Скрученная» заготовка

Обрабатываемое тело не будет подвергаться скручивающему действию только в том случае, когда угловая скорость вращения обрабатываемого тела будет постоянной, т.е. по длине очага деформации изменение радиусов валка и заготовки должно быть одинаковым и происходить одновременно.

Е. С. ПЕТРОВА  
Научный руководитель В. С. ЖАРИКОВ, канд. техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

В переходный период возникает вопрос о применении самых современных концепций управления, одной из которых является логистика.

Причинами появления концепции логистики и ее внедрения в деятельность предприятия являются: усиление конкуренции на мировом рынке товаров и услуг; постоянно увеличивающаяся дифференциация готовой продукции с целью полного удовлетворения потребностей потребителя; широкое использование современных информационных технологий.

Можно выделить пять факторов, определяющих актуальность логистики в период перехода к рынку:

- 1) экономический фактор. Логистика позволяет связать экономические интересы производителя продукции и ее потребителя;
- 2) организационно-экономический фактор, т.е. обеспечение логистических процессов взаимодействием всех звеньев логистической цепи;
- 3) информационный фактор;
- 4) технический фактор. Логистика как система, ее субъекты и объекты управления развиваются на основе современных технических достижений в транспортно-складском хозяйстве и компьютеризации управления;
- 5) государственная поддержка товародвижения.

Актуальность внедрения логистических методов управления для белорусских предприятий и организаций обусловлена следующими причинами:

- достаточно большими логистическими издержками отечественных предприятий и организаций;
- традиционным отставанием сферы обращения от производства;
- отставанием от современных методов системы распределения продукции, когда ее сбытом занимается множество посреднических структур;
- недостаточным уровнем развития транспортной инфраструктуры;
- износом и недостатком складов.

Совокупный эффект от использования логистики, как правило, превышает сумму затрат от мероприятий по улучшению показателей деятельности предприятия. Это объясняется возникновением у логистически организованных систем ценной для рынка способности обеспечивать поставку нужного груза, необходимого качества, в нужном количестве, в нужное время, в нужное место с минимальными затратами.

С. В. НЕСТЕРЕНКО

Научный руководитель М. С. АЛЕКСАНДРЁНОК, канд. экон. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Для белорусской экономики, которая нуждается в масштабных капиталовложениях в условиях проводимой модернизации, и подвержена существенным валютным колебаниям, данный вопрос особо актуален.

Как показал анализ, за 2012 г. рублевые депозиты физических и юридических лиц в Беларуси выросли на 58 %, вклады физических лиц в национальной валюте увеличились на 75 %, депозиты юридических лиц выросли на 46 %. В текущем году ситуация изменилась – с января по март 2013 г. вклады юридических лиц в рублях снизились на 6 %, по вкладам в иностранной валюте падение составило 0,2 %, среди физических лиц количество депозитов в белорусских рублях увеличилось на 8,6 %, а валютные вклады выросли всего на 0,1 %.

Следует отметить, что на сложившееся положение с депозитами повлияло укрепление валютной позиции белорусского рубля (после тройной девальвации в 2011 г.) и изменение политики банков по привлечению вкладов (депозитов).

Причиной падения спроса со стороны юридических и физических лиц является снижение банками привлекательности условий по срочным вкладам и вкладам до востребования.

В отношении привлечения иностранной валюты в срочные депозиты для физических лиц ужесточение условий происходило, в первую очередь, за счет снижения размера процентной ставки. На снижение привлекательности срочных вкладов отрицательно также повлияли увеличение минимального размера вклада и снижение размера процентной ставки при досрочном возврате.

Принимая во внимание тот факт, что в настоящее время происходит снижение притока депозитов от юридических лиц, вклады населения приобретают первостепенное значение в конкурентной борьбе между банками за ресурсы.

Для эффективного функционирования, развития и достижения своих целей каждая кредитная организация должна пересмотреть собственную депозитную политику, которая должна включать ряд следующих направлений:

- оптимизацию управления депозитным и кредитным портфелями банка;
- определение целевых рынков для минимизации депозитного риска;
- минимизацию расходов в процессе привлечения средств в депозиты;
- поддержание ликвидности банка и повышение его устойчивости.

Л. А. ЛОБОРЕВА

Научный руководитель М. М. КОЖЕВНИКОВ, канд. техн. наук, доц.  
Учреждение образования  
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПРОДОВОЛЬСТВИЯ»  
Могилев, Беларусь

Сборочные операции являются завершающим этапом производственного цикла. Из-за большой доли ручного труда и недостаточной автоматизации в машиностроении их трудоемкость достигает 30 %. Роботизация технологических процессов сборки является эффективным средством интенсификации производства и повышения качества продукции.

Автоматическое управление сборочными роботами в рабочей среде с препятствиями и ограничениями является одной из наиболее сложных задач. Для генерации траектории предлагается использовать алгоритм, основанный на топологически упорядоченной нейронной сети, моделирующей весовую функцию, которая характеризует расположение робота-манипулятора относительно препятствий. Сеть состоит из множества  $N^n$  нейронов, распределенных над  $n$ -мерным конфигурационным пространством. Каждой дискретной конфигурации робота  $q_a$  ставится в соответствие нейрон  $a$ , соединенный с соседними. Расположение нейрона в системе координат нейронной сети соответствует некоторой конфигурации робота. Каждому управляющему движению между двумя соседними конфигурациями  $q_a$  и  $q_b$  соответствует весовая связь между нейронами  $T_{ab_k}$ . Величина весовых коэффициентов  $T_{ab_k}$  выбирается, исходя из условий асимптотической устойчивости нейросети. Внешний сигнал, поступающий на вход нейрона, учитывает исполнение технологических ограничений и наличие препятствий.

Согласно алгоритму управления конфигурационное пространство робота низко дискретизируется и вычисляется его потенциальное поле. Если при движении по выбранной траектории зафиксировано столкновение или выход за ограничения, то матрица связей в нейросети модифицируется и генерируется новая траектория при постоянном шаге дискретизации. Процесс повторяется, пока не будет найдена свободная от столкновений траектория, либо не достигнуто предельное число итераций. Иначе меняется разрешение сетки дискретизации и поиск траектории повторяется.

Такой подход в отличие от других позволяет генерировать траектории робота-манипулятора без предварительной проверки на столкновение и обеспечивает приемлемое число тестов столкновения при сохранении свойства «полноты» решения при фиксированном шаге дискретизации.

УДК 621.9  
АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ  
ОТВЕРСТИЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ  
СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

М. Н. МИРОНОВА

Научный руководитель В. М. ПАШКЕВИЧ, д-р техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

При проектировании технологических операций обработки отверстий большое значение имеет прогнозирование их точности, которая неразрывно связана с конструктивными параметрами инструмента, применяемой оснастки и условиями их работы. Это возможно на основе комплексной многофакторной оптимизации параметров технологического процесса и оборудования на семантических сетях, учитывающих функциональные взаимосвязи между параметрами технологических процессов.

Смещение оси отверстия с номинального положения образуется в условиях сложного взаимодействия комплекса технологических факторов и зависит, в первую очередь, от параметров приспособления, станка, инструмента и параметров процесса резания.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований позволяют выявить основные закономерности влияния параметров технологической системы на точность обработки отверстий. При этом влияние большинства факторов зависит от сочетания их величин. Поскольку число таких сочетаний огромно, то определение степени влияния параметров технологической системы на точность обработки было выявлено на основе проведения множества компьютерных экспериментов.

Анализ полученных результатов позволил разработать рекомендации по снижению погрешностей обработки отверстий концевым инструментом.

Установлено, что для снижения погрешностей обработки управление каким-то одним параметром крайне ограничено. При этом влияние отдельных технологических факторов на суммарную погрешность обработки различно. Поэтому, на основе проведенных исследований, было произведено ранжирование технологических факторов по мере их влияния на суммарную погрешность обработки, что позволяет более эффективно решать задачу, связанную с обеспечением точности.

Таким образом, разработка методики количественной оценки прогнозируемой точности на стадии проектирования технологических процессов позволило повысить эффективность технологической подготовки производства.

УДК 621.9  
ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИННОВАЦИОННОГО  
РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

В. А. МАТИЕВИЧ

Научный руководитель Н. Б. АНТОНОВА, канд. экон. наук, доц.  
«АКАДЕМИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ Республики Беларусь»  
Минск, Беларусь

При построении стратегии развития предприятия, а также разработке управляющих воздействий большое значение имеет наличие и качество информации о внешней и внутренней среде, в которой оно работает. Использование технологий анализа и обработки подобной информации позволяет предприятию более точно это определять.

Как правило, с этой целью выбираются соответствующие информационные системы. При этом практика показывает, что начинать построение такой системы необходимо с определения результатов ее работы.

Наиболее распространенными считаются системы типа ERP (Enterprise Resource Planning, полномасштабное управление и планирование ресурсами предприятия). Еще один вид программных продуктов, направленных на управление эффективностью бизнеса – (Business Performance Management, BPM) или эффективностью компании (Corporate Performance Management, CPM). Наиболее разрекламированная из них – система сбалансированных показателей (Balanced Scorecard System, BSC).

Важнейшей составляющей процесса получения информации для принятия управленческих решений является не только изучение уже существующей информации, но и получение новой информации посредством прогнозирования событий, которые могут случиться в будущем.

Деятельность руководства определяется в качестве самого важного внутреннего фактора, влияющего на деятельность предприятия.

При построении стратегии инновационного развития предприятия важным является процесс принятия решения.

Субъективные факторы, обуславливающие нерациональное поведение при принятии решений: ошибочное восприятие действительности, вызванное неверной оценкой полученной информации и эмоциональные факторы.

Люди не способны к полному анализу в сложных ситуациях, когда будущие последствия принятия решений являются неопределенными. В таких обстоятельствах они полагаются на эвристику или случайный выбор.

Таким образом, качество управления инновационным развитием предприятия в сегодняшних условиях во многом определяется наличием и правильным применением при принятии решений технологий обработки анализа, и прогнозирования информации.



УДК 338.2

РАЗВИТИЕ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ  
ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

О. Д. МАКАРЕВИЧ, Т. Н. ПАНКОВА

Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,  
Могилев, Беларусь

В условиях рынка каждое предприятие должно вырабатывать и искать свой собственный путь развития. Чтобы развиваться, оно должно улучшать состояние собственной экономики и искать оптимальное соотношение между затратами и результатами хозяйственной деятельности, изыскивать новые формы приложения капитала, находить новые, более эффективные формы доведения услуг до потребителя, проводить соответствующую рекламную политику. В настоящее время все предприятия осознали, что залогом успешного функционирования является не ориентация на сиюминутную прибыль и успех, а построение эффективной стратегии существования на долгосрочную перспективу. Достичь этого можно путем развития логистических систем как на уровне каждого отдельного предприятия, так и на уровне предприятий одной отрасли.

Одной из основных задач системы управления на отечественном предприятии легкой промышленности является минимизация расходов. Характерной особенностью формирования логистических систем является то, что такая система должна сначала анализироваться с целью установления взаимосвязей с окружающей средой, а потом должны устанавливаться взаимосвязи внутри формируемой системы. Полная перестройка работы всех структур и их координации может позволить предприятию сократить затраты. Предприятия могут иногда достигать весьма значительных результатов путем удаления большого числа структур, создающих затраты и увеличивающих добавленную стоимость продукции.

Для каждого уровня управления устанавливаются целевые показатели деятельности, которые должны: полностью соответствовать стратегическим целям предприятия; характеризовать затраты, доходы и качество услуг; транслировать стратегию всем исполнителям, делая ее понятной для каждого работника; давать оценку эффективности их работы.

Таким образом, реализация концепций логистики позволяет предприятию достигать более устойчивого экономического положения, способствует успеху в конкурентной рыночной деятельности. Также принятие решений, способствующих повышению эффективности работы, приведет к сокращению издержек и получению прибыли.

УДК 681.51

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ МАНИПУЛЯТОРОМ  
ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

МУНГИА ЛОСАНО ГИЛЬЕРМО

Научный руководитель В. П. УМНОВ, канд. техн. наук, доц.  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«ВЛАДИМИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. А. Г. и Н. Г. СТОЛЕТОВЫХ»  
Владимир, Россия

Одной из актуальных технологических задач является утилизация крупногабаритных металлических конструкций, например, корпусов кораблей, резервуаров, летательных аппаратов, ферм и т.д. Для решения этой задачи могут быть использованы специальные мобильные лазерные комплексы (лазер роботы), построенные на базе манипуляционных роботов с дистанционно-автоматическим управлением и многостепенным манипулятором, имеющим достаточную величину рабочей зоны.

Система управления роботом содержит технологический контроллер для формирования параметров обработки и задаёт параметры для контроллера планирования траектории в пространстве задания, для контроллера формирования эталонной скорости в пространстве задания и для контроллера источника лазерного излучения. Контроллер планирования траектории вырабатывает параметры точек траектории, которые преобразуются в обобщённые координаты углов поворота в нейроконтроллере преобразования координат. Сигналы с последнего поступают на позиционный контроллер, который связан с блоком нейроконтроллеров регуляторов скорости. Контроллер формирования эталонной скорости формирует задания требуемой скорости резания. Преобразование эталонных скоростей в обобщённые координаты эталонных скоростей происходит с помощью нейроконтроллера преобразования скорости, с которого сигналы поступают на блок нейроконтроллеров регулятора скорости. Информация о положении выходной точки манипуляционной системы и скорости перемещения этой самой точки снимаются с помощью датчиков и подаются для коррекции управляющих сигналов на блок нейроконтроллеров скорости и блок позиционных контроллеров.

Аналогичные зависимости для различных материалов, полученные эмпирически, являются обучающей выборкой для нейроконтроллера регулятора скорости. Аналогичные зависимости должны быть построены для обучения контроллера датчика прорезания.

Я. В. МЯЛИК

Научный руководитель А. С. ФЕДУЛОВ, д-р техн. наук, проф.  
Филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего профессионального образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»  
Смоленск, Россия

Сейчас все больший интерес начинает проявляться к двухколесным балансирующим устройствам. Одной из проблем управления подобными устройствами является одновременное регулирование таких выходных параметров, как угол наклона и положение платформы с помощью одного параметра – скорости вращения колес.

С точки зрения теории автоматического управления двухколесная платформа может быть представлена объектом, изображенным на рис. 1. Объект содержит только один входной сигнал  $X$  (скорость вращения колес) и два выходных сигнала  $Y_1$  (угол наклона платформы) и  $Y_2$  (положение платформы), причем они являются взаимовлияющими. Взаимовлияние выражается в том, что при попытке осуществить регулирование  $Y_1$ , будет также изменяться  $Y_2$ , и наоборот.

При организации САУ для данного объекта по схеме, приведенной на рис. 2, у регуляторов  $P_1$  и  $P_2$  возникает рассогласование в работе. Каждый регулятор будет стремиться добиться нужного значения соответствующего выходного сигнала объекта, не заботясь о влиянии на «соседа».

САУ объекта на рис. 3 осуществляет согласованное управление. Здесь регулятор  $P_1$  старается приблизить  $Y_1$  к заданному значению, а регулятор  $P_2$  корректирует действия  $P_1$ , чтобы добиться приближения  $Y_2$  к заданному значению. В данном случае необходимо найти такие компромиссные параметры регуляторов, при которых обеспечивается одновременное установление требуемого задания  $Y_1$  и  $Y_2$ .

Схема САУ рис. 3 была реализована в макете реальной двухколесной платформы. Эксперименты с платформой показали работоспособность выбранной схемы управления.



Рис. 1 Объект управления

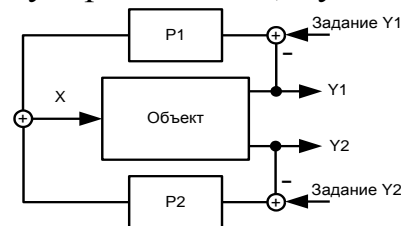


Рис. 2. САУ объекта

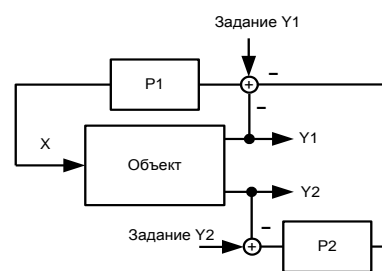


Рис. 3 САУ объекта

И. А. ЛУГОВАЯ, Е. Н. ШЕРОБУРКО

Научный руководитель С. Н. ГНАТЮК, канд. экон. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Для поддержания и повышения конкурентоспособности фирм-подрядчиков использование маркетинга становится жизненно необходимым. Общая проблема для большинства – отсутствие у фирм-подрядчиков общепринятых форм маркетинга (подразделений по маркетингу, планов маркетинга, баз данных, информационной обеспеченности и прочее).

В современных условиях работа с заказчиками является решающим фактором успешности строительных фирм. Большинство строительных фирм работает с постоянным, сложившимся кругом заказчиков (генподрядчиков), новые заказчики появляются, но это случается достаточно редко. В белорусских компаниях работа с заказчиками, как правило, ведется непосредственно руководителями фирмы, тогда как в западных компаниях маркетингом занимается специальное подразделение планирования и развития бизнеса. Такая консервативная маркетинговая политика сложилась исторически – из административно-командной системы и плановой экономики.

Первым этапом активного маркетинга является хорошо организованная рекламная кампания. Следует отметить, что белорусские строительные компании пока еще мало уделяют внимания рекламной деятельности. Исключение составляют специализированные фирмы в значительной мере ориентированные на индивидуальных клиентов. Однако реклама не заменит маркетинговой работы с заказчиками.

Такая работа может проводиться в следующих формах: приглашение представителей заказчика в офис фирмы, либо на ее объекты; проведение неофициальных встреч в непринужденной обстановке; демонстрация рекламных видеофильмов; презентационные мероприятия в узком кругу, которые позволят уделить максимальное внимание наиболее перспективным заказчикам; личные контакты ключевых фигур управленческого персонала с представителями заказчика на ярмарках, выставках и других деловых мероприятиях; прямая почтовая реклама (буклеты, информационные листы, прайс-листы), как подготовка почвы для развития контактов.

Методы прокьюременты (работа по обеспечению заказов) должны дифференцироваться с учетом специфики рассматриваемого сегмента подрядного рынка.

УДК 338.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ  
ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ НА РЫНКЕ

О. В. ЛАЗАРЕВА

Научные руководители: Т. Г. НЕЧАЕВА, канд. экон. наук, доц.;

С. Л. КОМАРОВА

Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Предприятия придают большое значение анализу своих сильных и слабых сторон для оценки реальных возможностей в конкурентной борьбе и разработке мер и средств, за счет которых предприятие могло бы повысить конкурентоспособность и обеспечить свой успех. В условиях рыночной экономики конкуренция выступает как важный фактор стимулирования хозяйственной активности, увеличения разнообразия и повышения качества продукции, снижения затрат и стабилизации экономического роста. Оценка конкурентоспособности позволяет выявить негативные тенденции в системе хозяйствования предприятий, что в дальнейшем явится основой для принятия управленческих решений и разработки перспективных направлений развития хозяйствующего субъекта: поддержание своей конкурентоспособности (в случае сильных рыночных позиций), либо ее усиление (при слабых рыночных позициях).

По материалам исследований проведен мониторинг конкурентов на рынке конструкций из ПВХ профиля и оценены конкурентные преимущества предприятий города Могилева, специализирующихся на этом виде деятельности. На основании мониторинга конкурентов и в соответствии с концепцией развития бизнеса можно предложить приобретение нового оборудования, позволяющего расширить спектр предлагаемых услуг с целью наиболее полного удовлетворения спроса населения и завоевания большей доли рынка. Проанализировав возможные методы привлечения средств для воспроизводства долгосрочных активов, по критерию затрат наиболее эффективным механизмом финансирования можно считать лизинг.

Для укрепления позиций на рынке по производству и реализации изделий из ПВХ профиля организациям можно зарегистрироваться на одной из аукционных площадок, получить электронную цифровую подпись, что позволит реализовать возможности по участию в электронных торгах.

Оценка конкурентных преимуществ организации показала, что для повышения эффективности позиционирования на рынке субъектам хозяйствования необходимо изыскивать внутренние резервы на основе мониторинга рыночной ситуации.

УДК 621.83

АНАЛИЗ ПЛАВНОСТИ РАБОТЫ ЭКСЦЕНТРИКОВОЙ  
ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ

Д. В. НЕПША, М. В. ГОНЧАРОВ

Научный руководитель А. В. КАПИТОНОВ, канд. техн. наук, доц.

Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Планетарные эксцентрикковые редукторы с модифицированным профилем зубьев имеют небольшие габаритные размеры, большие передаточные отношения и высокую кинематическую точность. Они обладают повышенной нагрузочной способностью вследствие наличия многопарного зацепления сателлита с центральным колесом.

Предметом исследований являлся анализ плавности работы различных конструкций эксцентрикковых передач. Исследовались три конструкции передачи методами 3D моделирования. В базовой конструкции, состоящей из входного вала, зубчатого колеса-сателлита с модифицированными зубьями, центрального зубчатого колеса, выходного вала, фланца и пальцев контакт между пальцами и отверстиями во фланце выходного вала происходит по линии с рывками и ударами, так как диаметры отверстий больше диаметров пальцев, что приводит к неравномерности вращения выходного вала. Разработаны конструкции планетарной эксцентрикковой передачи с эксцентриками, устанавливаемыми в отверстия фланца и с двумя сателлитами. Такие решения позволили уменьшить нагрузку на зубья сателлитов и значительно повысить плавность работы передачи. На рис. 1 показаны графики угловых скоростей выходного вала редуктора для базовой конструкции и конструкции с эксцентриками.



Рис. 1. Графики угловых скоростей выходного вала редуктора

УДК 621.793  
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА НАНЕСЕНИЯ ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО  
ПОКРЫТИЯ НА ШАРОВУЮ ОПОРУ АВТОМОБИЛЯ МАЗ

Ю. П. НЕРОДА, С. А. САХАНЬКО  
Научный руководитель М. В. НЕРОДА, канд. техн. наук, доц.  
Учреждение образования  
«БАРАНОВИЧСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Барановичи, Беларусь

В большинстве современных автомобилей шаровые опоры используются для поворота колеса. К шаровым опорам автомобилей МАЗ предъявляются серьезные требования по прочности и износостойкости составных частей.

Наиболее эффективным способом обработки шарового пальца автомобиля МАЗ является применение метода газопламенного нанесения износостойкого упрочняющего покрытия марки ПГ-СР4. Данный метод позволяет получать защитное упрочняющее покрытие с заданными физико-механическими свойствами (твердость 60...65 HRC).

Целью научно-исследовательской работы являлась оптимизация нанесения слоя упрочняющего покрытия марки ПГ-СР4 газотермическим методом на сферическую поверхность шарового пальца автомобиля МАЗ.

Нанесение покрытия на шаровую опору осуществляется автоматически с помощью установки УПУ-3Д.

Для установления факта равномерности нанесения покрытия на сферическую поверхность шаровой опоры на микроскопе модели Stemi 2000C были выполнены металлографические исследования.

В результате исследований толщины поверхностного слоя покрытия сделан вывод о неравномерности толщины напыляемого слоя. Отклонение толщины поверхностного слоя по всей напыленной поверхности составляет в среднем 1,4 мм.

Моделирование процесса плазменного напыления порошкового материала на сферическую поверхность шаровой опоры позволило определить рациональные углы движения плазмотрона, которые составляют  $\pm 15^\circ$ . Шаровой палец должен располагаться под углом  $16^\circ$  по отношению к плазмотрону, т.к. это позволит увеличить площадь перекрытия струи плазмы и сделать толщину покрытия более равномерной, а также уменьшить расход материала порошка.

В результате оптимизации геометрических параметров процесса нанесения газотермического покрытия на сферическую поверхность шаровой опоры, возможно повышение коэффициента использования материала до 90 %, т.е. на 15 % по сравнению с базовым вариантом.

УДК 347.77/78  
ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ И РЫНОЧНОЙ  
СТОИМОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Д. И. КУПИНА  
Научный руководитель Т. М. ЛОБАНОВА  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Основная деятельность ОАО «Бобруйский завод КПД» связана со строительством жилых домов для нуждающихся в улучшении жилищных условий. В ходе анализа финансового положения завода было установлено, что предприятие имеет низкую платежеспособность, неустойчивое финансовое состояние. А оценка рыночной стоимости с применением разных методик, учитывающих интересы разных сторон, показала существенное превышение балансовой стоимости данного предприятия (20,54 млн долларов) его рыночной оценки (15,96 млн долларов).

После проведенного анализа стало очевидно, что заводу необходимо развивать новые направления деятельности: освоение рынков долевого и коммерческого жилья; расширение ассортимента выпускаемой продукции, с целью привлечения новых потребителей, что невозможно без планомерного развития производственной и сбытовой деятельности.

Для развития производственной деятельности предприятия, улучшения свойств изготавливаемой продукции, было предложено внедрить новую технологию: использование полипропиленового волокна при производстве плит перекрытия.

Также для развития производственной деятельности, расширения рынков сбыта была проведена оценка экономической эффективности реализации проекта по выпуску неавтоклавного пенобетона.

Совместная реализация представленных проектов приведет к росту рыночной стоимости предприятия (до 20,64 млн долларов), что превысит его балансовую цену. Это, в свою очередь, говорит не только об улучшении финансового состояния предприятия, но и росту его инвестиционной привлекательности.

Для развития сбытовой деятельности предприятия был разработан веб-сайт завода. Предполагается, что работа данного сайта повысит эффективность деятельности отдела внешней экономической деятельности предприятия. Однако, на сегодняшний день, в силу социальной направленности деятельности завода, невозможно реально оценить прирост прибыли от рекламной деятельности данного сайта.

А. В. КРУПКИНА

Научный руководитель Т. В. ПУЗАНОВА, канд. техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Планирование является важнейшим аспектом предпринимательской практики для всех сфер бизнеса. Имея грамотно составленный стратегический план развития, фирма может правильно принимать управленческие решения. На практике стратегическое планирование начинается с анализа внешней и внутренней среды с применением методов позиционирования возможностей и угроз и SWOT-анализа. Результаты этого анализа позволяют оценить условия функционирования и спрогнозировать изменения в этих условиях для предприятия. Эта информация является исходной для разработки стратегических альтернатив при планировании развития малого предприятия. Вторым этапом является анализ рынка, отрасли и стратегических единиц бизнеса предприятия. Основными инструментами на этом этапе являются матрица BCG, матрица GE/McKinsey, матрица ADL и матрица Портера.

Предложенная методика была использована для разработки стратегии развития малого предприятия, специализирующегося на производстве женской одежды. Результаты применения SWOT-анализа для исследуемого предприятия малого бизнеса свидетельствуют о том, что возможность применения усовершенствованных технологий и оборудования в выпуске новой продукции обладает высокой вероятностью использования и сильным влиянием, следовательно, фирме в первую очередь необходимо воспользоваться этой возможностью. Среди угроз с высокой вероятностью реализации и наиболее серьезными последствиями надо выделить повышение цен на материалы и оборудование, а также приток конкурентов в отрасль.

Для исследуемого малого предприятия характерна позиция «Трудный ребенок», т.е. фирма занимает небольшую долю рынка в развивающейся отрасли (планируемая доля рынка – 20 %; темп роста отрасли значительный – 15–20 %). Таким образом, исследуемой фирме на данном этапе развития следует ориентироваться на стратегию углубления рынка – стратегию роста компании за счет увеличения объема продаж уже существующих товаров на имеющихся сегментах рынка. Для привлечения клиентов фирма может активизировать свою рекламную деятельность, снизить цены, предложив скидки и акции, или придать новый вид сайту.

Д. Е. ПЕТРОВСКИЙ

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Рославль, Россия

Поверхностный слой при обработке деталей ППД формируется в результате сложных взаимосвязанных явлений, происходящих в очаге деформирования и прилегающих к нему зонах: многократных упругих и пластических деформаций, изменения прочностных и пластических свойств деформируемого металла, трения и тепловых процессов, изменения микро- и макроструктуры, микрогеометрии самой поверхности.

Для раскатывания внутренних поверхностей, так же как и для обкатывания применяют сепараторные и безсепараторные устройства, но при раскатывании используют в основном устройства сепараторного типа.

Применение многороликовых сепараторных раскатников экономически невыгодно и технически трудноосуществимо при обработке внутренних поверхностей большого диаметра. В таком случае целесообразно использовать безсепараторные одно-, двух- и трехроликовые устройства упругого действия. В зависимости от характера обрабатываемых поверхностей сепараторные роликовые устройства разделяют на 10 типов (рис. 1).

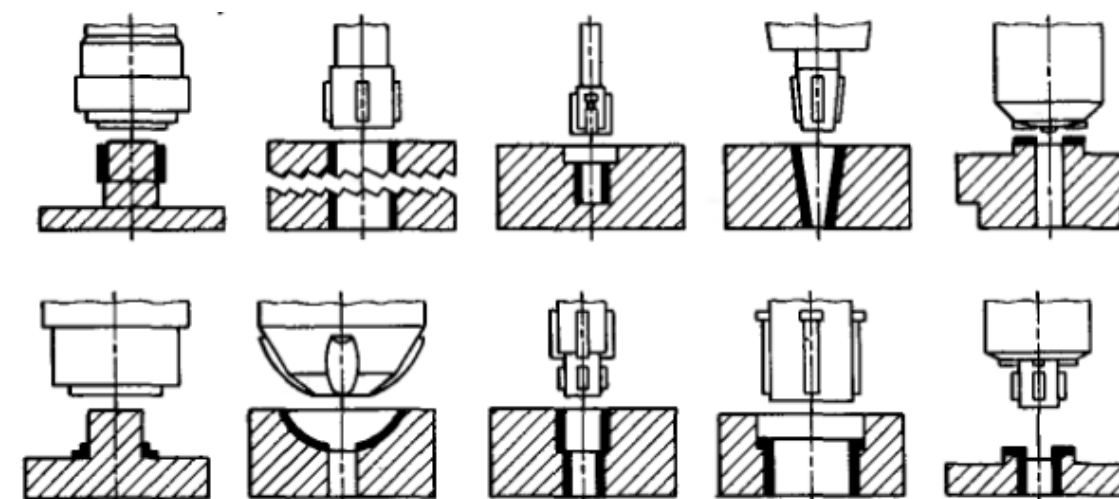


Рис. 1. Основные типы устройства в зависимости от характера обрабатываемой поверхности.

УДК 621.833.16  
АНАЛИЗ НАГРУЖЕННОСТИ ЗУБЬЕВ КОЛЕС В ЭКСЦЕНТРИКОВЫХ  
ПЕРЕДАЧАХ С МОДИФИЦИРОВАННЫМ ЗАЦЕПЛЕНИЕМ

О. Е. ПЕЧКОВСКАЯ, В. Ю. ПУГАЧ

Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Для эксцентриковых передач с модифицированным зацеплением при разности чисел зубьев колес, равной единице, характерна многопарность зубчатого зацепления: независимо от числа зубьев сателлита и направления его вращения, в зацеплении состоит несколько пар зубьев, расположенных симметрично оси симметрии эксцентрика и на некотором удалении от этой оси.

Установлено, что в зависимости от числа зубьев сателлита нагрузку гарантированно передают две или три пары зубьев модифицированной передачи, а с обеих сторон от них, в парах зубьев имеют место незначительные зазоры. С увеличением  $z_1$  эти зазоры уменьшаются и составляют сотые доли миллиметра для десяти и более пар зубьев. С учетом податливости число пар зацепляющихся зубьев составляет 12...20 % от числа зубьев сателлита.

Это позволяет разделить передаваемую нагрузку на большее число зацепляющихся пар зубьев и тем самым значительно повысить нагрузочную способность передачи при обеспечении минимальных массогабаритных параметров.

Анализ результатов расчета коэффициентов, учитывающих распределение нагрузки (доли передаваемой нагрузки, приходящиеся на зацепляющиеся пары зубьев)  $k_1, k_2, k_3$ , в случае, когда в модифицированной передаче имеет место трехпарное зацепление показал, что для широкого диапазона чисел зубьев колес независимо от модуля зацепления эти коэффициенты составляют:

$$\begin{aligned}k_1 &= 0,55 \dots 0,75 ; \\k_2 &= 0,45 \dots 0,23 ; \\k_3 &= 0,0935 \dots 0,0941 .\end{aligned}$$

На основе конечно-элементного моделирования эксцентриковой зубчатой передачи получен характер распределения контактных и изгибных напряжений в зубьях сателлита, находящихся в зацеплении подтверждена достоверность результатов проведенных теоретических исследований и обоснованность выводов относительно распределения нагрузки, а также контактных и изгибных напряжений в модифицированном зацеплении.

УДК 332.142  
ИННОВАЦИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ КАК ФУНДАМЕНТ РАЗВИТИЯ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

М. А. КОВАЛЕВ

Научный руководитель М. И. ДЛИ, д-р техн. наук, проф.  
Филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего профессионального образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»  
Смоленск, Россия

Для любой страны важнейшей составляющей является ее промышленность, она оказывает решающее воздействие на уровень развития экономики и общества в целом. Поэтому необходимо заранее задуматься о возможных проблемах и перспективах развития промышленности, как в краткосрочном, так и в долгосрочном периоде. Главной из отраслей промышленности, от которой напрямую зависит ее потенциал развития, является именно машиностроение.

На данный момент в России отрасль машиностроения переживает не лучшие времена, характеризующиеся проблемами различного характера, такими как недостаток производственных мощностей, недостаток квалифицированной рабочей силы, высокий уровень изношенности оборудования и другие. Помимо решения текущих проблем, необходимо уже сейчас учитывать и перспективы будущего развития, ориентируясь при этом на последние инновационные научно-технические достижения в мире. Уделив должное внимание научным разработкам сегодня, в будущем можно получить от них значительный эффект, применив их в производстве, тем самым полностью или частично исключив текущие проблемы. На данный момент выделяют следующие перспективные направления, которые смогут оказать значительное влияние на машиностроение в будущем: робототехника, основанная на системах управления датчиками и исполнительными механизмами, работающими автономно или полуавтономно, взаимодействуя с людьми и имеющих возможность адаптации к динамической среде; 3D печать, в основе которой лежит принцип послойного «выращивания» твердого объекта; новые нано и smart (умные) материалы.

Подобным образом, уже сейчас, многие из ведущих стран мира ставят перед собой главными приоритетами разработку и внедрение подобных инновационных научно-технических достижений в машиностроительную отрасль, для дальнейшего использования их в промышленности, тем самым закладывая будущую перспективную базу развития своей экономики.

УДК 621.039:001.895

ИННОВАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ  
АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Е. А. КИРИЛЛОВА

Научный руководитель В. П. МЕШАЛКИН, д-р техн. наук, проф.  
Филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего профессионального образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»  
Смоленск, Россия

В настоящее время организации сталкиваются с непрерывно нарастающим темпом и непредсказуемым направлением преобразований внешней среды, а также, все более острой конкурентной борьбой. Переход к инновационной экономике способствует распространению организаций, ориентированных на интеллектуальные и инновационные принципы деятельности в своей работе.

Изменения экономических условий и поставили задачу формирования новой системы приоритетов и выработки соответствующих механизмов повышения эффективности организаций в российской экономике, в т.ч. и в отраслях топливно-энергетического комплекса (ТЭК) России, и в частности, в атомной отрасли. В энергетическом комплексе страны особое место занимает атомная энергетика.

Для функционирования объектов атомной энергетике с обеспечением требуемого уровня безопасности и эффективности кадровое обеспечение проектов атомной энергетике должно быть тщательно подобрано и каждый участник проекта должен быть заинтересован в качественной работе. Работы по разработке концепции проекта и организации строительства объекта закладывают основу безопасности функционирования объекта, поэтому они чрезвычайно важны и соответственно ответственность за их исполнения и контроль должна быть значительной. Система мотивации, построенная на доле ответственности каждого участника, в данном случае наиболее целесообразна. В тоже время, даже после ввода объекта в эксплуатацию ответственность на исполнителях сохраняется, и при успешном функционировании они также будут получать пропорциональное вознаграждение.

Если в других отраслях при внедрении проекта на этапе обучения персонал приобретает недостающие навыки, пробует, совершает ошибки, на объектах атомной энергетике это недопустимо. Персонал должен обладать высоким уровнем образования, иметь опыт работы, причем чем выше уровень его ответственности – тем большим количеством компетенций ему необходимо обладать.

УДК 681.51

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ УПРАВЛЯЕМОГО ПРОЦЕССА  
ЛАЗЕРНОГО ТЕРМОУПРОЧНЕНИЯ НА БАЗЕ ДВУХКАНАЛЬНОЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Д. А. СТАРОСТИН

Научный руководитель В. П. УМНОВ, канд. техн. наук, доц.  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«ВЛАДИМИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. А. Г. и Н. Г. СТОЛЕТОВЫХ»  
Владимир, Россия

Одним из эффективных направлений ресурсосбережения является экономия средств за счёт продления срока службы новых и восстановления изношенных, особенно дорогостоящих деталей машин и механизмов. Эффективной технологией ресурсосбережения является технология упрочнения поверхностей металлических деталей лазерным лучом [1, 2].

Операция лазерной обработки может осуществляться промышленным роботом, который должен обеспечивать требуемую, для получения нужного результата, траекторию и скорость перемещения лазерного луча относительно обрабатываемой поверхности. Для повышения эффективности использования технологии лазерного термоупрочнения предлагается построение процесса обработки на базе двухканальной технологической обратной связи по температуре нагрева пятна контакта лазерного излучения с обрабатываемой поверхностью и по толщине упрочнённого слоя.

Для реализации обратных связей используются бесконтактный датчик измерения температуры и бесконтактный магнитный датчик измерения толщины упрочнённого слоя. Для построения и синтеза системы управления используется программный пакет Matlab, в частности для моделирования тепловых процессов, происходящих во время лазерной обработки заготовки, применяется библиотека Thermal Simscape пакета Simulink, входящего в программный пакет Matlab.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Югов, В. И. Высокоэффективная технология ресурсосбережения: лазерная поверхностная обработка / В. И. Югов // Фотоника. – 2012. – № 4. – С. 12–20.
2. Григорьянц, А. Г. Технологические процессы лазерной обработки / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2006 – 660 с.

УДК 621.787  
ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ  
МАШИН МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКИМ УПРОЧНЕНИЕМ

С. А. СУХОЦКИЙ, Д. М. СВИРЕПА

Научный руководитель А. М. ДОВГАЛЕВ, канд. техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Повышение долговечности деталей машин является важной технологической задачей. Для повышения износостойкости плоских поверхностей деталей пар трения перспективным является применение технологии магнитно-динамического упрочнения. В связи с этим, в работе представлены результаты триботехнических исследований образцов из стали 40X (40–43 HRC) и стали 45 (200–220 HB), прошедших магнитно-динамическое упрочнение деформирующими шарами, имеющими магнитный привод.

Триботехнические исследования упрочненных образцов проводили на трибометре АТВП, оснащенном устройством для измерения коэффициента трения. Испытания осуществлялись по схеме возвратно-поступательного движения исследуемого образца и контртела при средней скорости взаимного перемещения 0,1 м/с. Сравнительные испытания триботехнических свойств упрочненных образцов проводили в режиме трения со смазочным материалом (масло И-20) и давлением в зоне контакта 20 МПа. При испытании использовали контртело из закаленной стали У8 (800 HV10) с размерами 5x40x90 мм.

Измерение величины массового износа осуществляли весовым методом с использованием аналитических весов АДВ-200М. Погрешность измерения массы образца составила 0,05 мг. Взвешивание образцов производили 3 раза через каждые 20000 циклов трения (1200 м пути трения).

Для определения линейного износа образцов использовали метод искусственных баз. Для определения твердости по Виккерсу отпечатки на поверхности образцов в количестве 5 штук наносили с помощью прибора DuraScan 20. Результаты исследований показали, что коэффициент трения поверхности упрочненных образцов из стали 40X и стали 45 уменьшается на 20–24 % и 12–16 % соответственно (по сравнению со шлифованной поверхностью).

Технология магнитно-динамического упрочнения позволяет уменьшить интенсивность износа поверхностей деталей в 2–3 раза.

УДК 339.16  
ВИРТУАЛЬНЫЙ ТЕХНОПАРК КАК ЭЛЕМЕНТ ИННОВАЦИОННОЙ  
РЕГИОНАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Т. В. КАКАТУНОВА

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»  
Смоленск, Россия

Одним из способов повышения эффективности процедур поддержки инновационной деятельности на региональном уровне является включение в состав инновационной инфраструктуры виртуальных элементов, которые функционируют на основе информационных технологий. Виртуальные элементы инновационной инфраструктуры могут осуществлять поддержку на всех этапах инновационного процесса или на некоторых из них. К структурам первого типа в первую очередь можно отнести виртуальный технопарк, деятельность которого по коммерциализации новшеств при использовании информационных технологий может быть организована без его физического расположения на отдельной территории в результате привлечения исполнителей на телекоммуникационной основе, а также научно-исследовательских и производственно-технологических мощностей для решения отдельных задач инновационной деятельности.

К преимуществам использования виртуального технопарка как элемента региональной инновационной инфраструктуры относятся:

- снижение затрат на внедрение инноваций за счет компьютерной имитации некоторых операций и объектов в виртуальном пространстве;
- высокая степень адаптации инновационных процедур к изменениям условий внутренней и внешней среды за счет возможности привлечения для осуществления проектов различных специалистов;
- оперативность реагирования на изменение запросов со стороны потребителей инноваций, а также поставщиков инноваций и партнеров;
- интеграция информационных и интеллектуальных ресурсов разработчиков для решения основных задач инновационного проекта;
- автоматизация процесса извлечения открытых инноваций из внутренней или внешней среды региона с целью их коммерциализации;
- обеспечение прозрачности процедур применения государственных ресурсов в сфере инновационной деятельности.

К числу виртуальных элементов инновационной инфраструктуры региона можно отнести социальные сети индивидуальных разработчиков новшеств, системы электронного бизнеса, виртуальное сообщество, виртуальный конференц-центр, а также региональные и глобальные вычислительные сети.



Т. В. КАКАТУНОВА

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»  
Смоленск, Россия

Для решения задачи разработки стратегических инновационных программ развития региона может быть использована методика моделирования инновационной деятельности с применением многоуровневой когнитивной модели. В этом случае применяемые процедуры когнитивного моделирования при использовании процедур нечеткой логики, ввиду специфики описания концептов (элементов), характеризующих социально-экономическое и инновационное развитие региона, должны учитывать специфику региональной инновационной системы. Так, прежде всего, необходимо учесть существующую потребность расчета традиционных системных показателей, используемых для анализа нечеткой когнитивной карты, а также изменение значения и характера влияния связей между концептами во времени.

Анализ предлагаемых многоуровневых когнитивных моделей включает описание связей между концептами карт. Очевидно, что целевые концепты рассматриваемой когнитивной модели должны коррелировать с показателями эффективности инновационной стратегии развития соответствующего региона. В этом случае основной задачей анализа когнитивной модели управления инновационными процессами субъекта РФ становится определение управляемых концептов, влияющих на целевые концепты, и подбор такого их значения, которое обеспечит наибольшую величину соответствующего целевого концепта. Это позволит сформировать совокупность мероприятий, обладающих необходимой силой воздействия на целевые показатели регионального инновационного развития и показатели эффективности региональной инновационной стратегий, а также рационально распределить между ними имеющиеся инвестиционные ресурсы.

В общем случае, учет возможности изменения во времени отдельных связей между элементами когнитивной карты позволит расширить область применения современного аппарата когнитивного моделирования на сферу управления региональными инновационными системами и повысить обоснованность предлагаемых стратегических инновационных программ развития регионов.

Работа поддержана грантом РФФИ №12-07-00238-а.

О. Н. СУША, С. С. КАРПОВИЧ

Научный руководитель Д. С. КАРПОВИЧ, канд. техн. наук, доц.  
Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Данная работа посвящена исследованию устойчивости круглых пил. Предпринята попытка систематического изложения результатов теоретических разработок и результатов моделирования в программе ANSYS.

При продольной круглопиловой распиловке древесины в пропиле одновременно действуют на один зуб пилы касательные, нормальные и боковые силы.

Напряженное состояние при этом возникает непосредственно на поверхности режущего элемента, однако имеет место распространение напряженного состояния на зубчатый венец в зонах двух соседних режущих элементов. Напряженное состояние при этом не передается на основное полотно дисковой пилы, а концентрируется в небольшой области на расстоянии  $r=0,1R$ . Напряженное состояние в наибольшем виде имеет место в зоне насадки круглой дисковой пилы на вал (рис. 1).

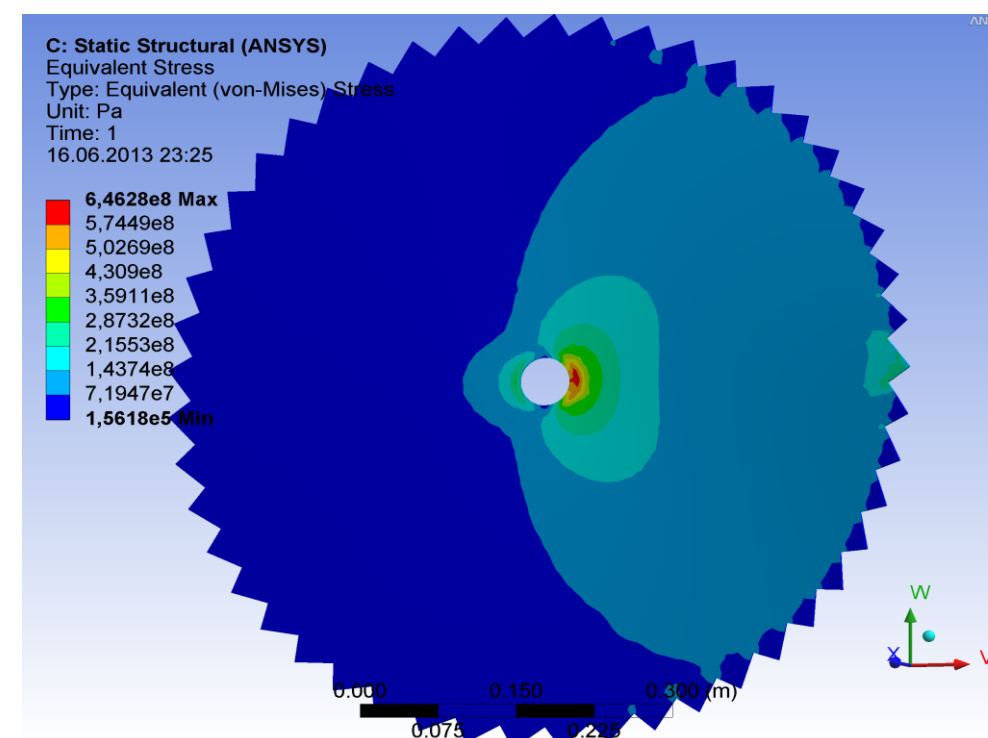


Рис. 1. Поле напряжений, создаваемых при работе круглой пилы

УДК 004.896  
ВОПРОСЫ НЕЙРОННОГО АНАЛИЗА И СИНТЕЗА НОМЕНКЛАТУРЫ  
В МЕТАЛООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

И. А. ХВОРОВ, В. П. ПОДРЕЗОВ  
Научный руководитель В. М. ДАВЫДОВ, д-р техн. наук, проф.  
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«ХАБАРОВСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»  
Хабаровск, Россия

В феврале 2013 года на ОАО «Хабаровский судостроительный завод» был внедрён гибкий производственный модуль (ГПМ) на базе механосборочного цеха №2. Согласно программе модернизации, на базе этого модуля было принято решение опробовать кластерный подход для группировки деталей и обеспечения максимальной эффективности загрузки оборудования.

В целях оптимизации работы технолога цеха на подготовительном этапе ХСЗ совместно с кафедрой «Технологической информатики и информационных систем» ТОГУ поставили перед собой цель разработать систему кластерного анализа оптимальной последовательности выбора деталей для обработки на ГПМ. В обязанности цехового технолога входит: подготовка номенклатуры изделий для модуля, выбор последовательности обработки номенклатуры и разработка технологического маршрута.

Главное назначение кластерного анализа – разбиение множества исследуемых объектов и признаков на однородные в соответствующем понимании группы или кластеры. Это означает, что решается задача классификации данных и выявления соответствующей структуры в ней. Общим для всех исследований, использующих кластерный анализ, являются пять основных процедур:

- 1) отбор выборки для кластеризации;
- 2) определение множества признаков, по которым будут оцениваться объекты в выборке;
- 3) вычисление значений той или иной меры сходства между объектами;
- 4) применение метода кластерного анализа для создания групп исходных данных;
- 5) проверка достоверности результатов кластерного решения.

Каждый из перечисленных шагов играет существенную роль при использовании кластерного анализа в прикладном анализе данных.

УДК 339.1  
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АССОРТИМЕНТА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ  
ИЗДЕЛИЙ В СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

К. Г. ИЛЬИНСКАЯ  
Научный руководитель М. Г. КУЛИКОВА, канд. тех. наук, доц.  
Филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего профессионального образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»  
Смоленск, Россия

Хлеб для потребителей является продуктом первой необходимости, поэтому рынок стабилен, предсказуем и позволяет развиваться бизнесу.

Самыми популярными видами продукции на рынке являются булочные изделия из пшеничной муки высшего сорта, хлеб ржаной, хлеб из пшеничной муки первого сорта и хлеб пшеничный из муки высшего сорта, на которые приходится около 80 % объема рынка.

Проведенные маркетинговые исследования компанией Intesco Research Group показали, что объем российского рынка хлеба и хлебобулочных изделий с 2007–2010 гг. медленно сокращался, и только в 2011 г. начал показывать положительную динамику, он вырос на 1 % и составил не более 7,089 млн тонн (рис. 1). В настоящее время сохраняется тенденция небольшого роста объема рынка.

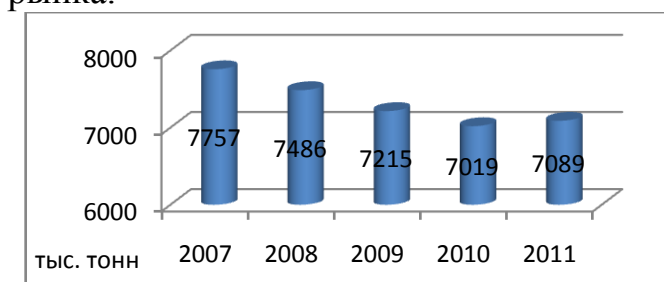


Рис. 1. Динамика объемов рынка хлеба и хлебобулочной продукции

Снижение потребления хлеба происходит из-за медленной переориентации покупателей на более дорогие сорта хлеба и за счет повышения благосостояния населения. Экономическим фактором, влияющим на развитие отрасли, является снижение налоговой базы.

Таким образом, основной упор необходимо делать на улучшение рецептур хлеба и хлебобулочной продукции, получая более полезный хлеб для здоровья населения, что требует использование сложных инновационных рецептур.

В Смоленской области на фоне существующего ассортимента хлеба и хлебобулочной продукции, развитие производства дорогих сортов хлеба и хлеба полезного для здоровья является более перспективным на сегодняшний день.

И. В. ИВАНОВА

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»  
Смоленск, Россия

Задача анализа и прогнозирования инновационных рисков является высоко актуальной, что обусловлено необходимостью разработки комплексного подхода к организации риск-менеджмента, обеспечивающего своевременную и рациональную реакцию системы управления предприятием на различные события-источники (факторы) рисков. Поскольку риск определяется одновременным воздействием множества факторов внешней и внутренней среды, то одним из этапов его оценки является выявление причинно-следственных связей и зависимостей между данными факторами. Для решения поставленной задачи целесообразно использовать аппарат нечетких байесовских сетей. В качестве способа введения нечеткости был выбран вариант замены вероятностей нечеткие числа, а операций – на расширенные операции над нечеткими числами. Этапы построения нечетко-логической байесовской сетевой модели включают в себя: формулирование проблемы в терминах вероятностей (возможностей) значений целевых переменных; определение переменных, имеющих отношение к целевым переменным, описание возможных значений этих переменных; задание на основе имеющейся информации нечетких оценок значений переменных в зависимости от способа введения нечеткости в нечеткую байесову сеть; описание отношений «причина–следствие» в виде ориентированных ребер графа нечеткой байесовой сети, разместив в его узлах переменные; для каждого узла графа, имеющего входные ребра, указание нечетких оценок различных значений переменной этого узла в зависимости от комбинации значений переменных-родителей на графе.

Процедура использования нечеткой байесовой сети включает следующие этапы. Начальный этап вывода на основе нечеткой байесовой сети заключается в вычислении всех нечетких безусловных вероятностей. Затем определяется совместное распределение вероятности для каждой пары переменных нечеткой байесовой сети. И, наконец, определяется, как изменяются априорные вероятности при предъявлении новых данных о значениях переменных в нечеткой байесовой сети.

С. Г. ЧЕРНЯКОВ

Научный руководитель А. В. КАПИТОНОВ, канд. техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Предметом исследования является точность планетарного эксцентрикового редуктора с модифицированным профилем зубьев сателлита.

Поскольку данная передача является зубчатой, а ее модифицированный профиль зубьев также является эвольвентным, то для нормирования точности передачи могут быть использованы нормы точности, разработанные для обычных зубчатых колес с эвольвентным профилем зубьев.

ГОСТ 1643-81 определяет четыре вида норм точности для зубчатых передач: норму кинематической точности, норму плавности работы передачи, норму контакта зубьев и виды сопряжений зубьев колес.

При рассмотрении схемы зацепления сателлита с зубчатым колесом видно, что устанавливать допуски на виды сопряжений зубьев колес нет необходимости, так как в результате модификации профиля зубьев сателлита толщина зубьев уменьшилась, вследствие чего образовался зазор, достаточный как для компенсации теплового расширения зубьев при работе передачи, так и для размещения смазки.

Зубья сателлита формируются в три этапа: сначала происходит нарезание зубьев червячной фрезой, а затем производится их модификация путем обработки левых и правых профилей осевым смещением фрезы на определенную величину сначала в одну, а затем в другую сторону относительно первоначального положения. В связи с одновременностью обработки левых и правых профилей зубьев и неизбежных погрешностей осевого смещения фрезы возникает несимметричность зубьев относительно оси сателлита, что вызывает дополнительную кинематическую погрешность передачи.

Неодновременная обработка разноименных профилей влияет также и на толщину зубьев, что, в свою очередь, может уменьшать нагрузочную способность передачи и приводить к поломке зубьев при эксплуатации.

При нормировании точности зубчатых колес планетарной эксцентриковой передачи с модифицированным зубчатым зацеплением можно использовать нормы, показатели точности и комплексы контроля в соответствии с ГОСТ 1643-81. При этом нужно учитывать особенности данной передачи при определении параметров точности и назначении допусков.

УДК 621.833  
ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ СУММАРНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В  
ПОВЕРХНОСТНОМ УПРОЧНЕННОМ БОРОСИЛИЦИРОВАНИЕМ СЛОЕ

А. Н. ШАКУН, Л. Н. РАДЮК  
Научный руководитель М. Н. ПИЦОВ, канд. техн. наук, доц.  
Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

В процессе упрочнения деталей борированием при высокой температуре происходит диффузия бора в поверхностный слой материала на некоторую глубину. В связи с тем, что температурные коэффициенты линейного расширения в сердцевине детали и поверхностном слое разные, то при остывании после комплексного борирования, начиная с некоторой температуры  $T_0^\circ$ , в детали будут возникать температурные остаточные напряжения. Установлено, что в результате изменения удельных объемов при фазовых превращениях и различных коэффициентах линейного расширения материалов упрочненного слоя и основы металла возникают остаточные напряжения сжатия с большим градиентом по глубине поверхностного слоя, величина которого зависит от способа упрочнения. Характер распространения остаточных напряжений по глубине слоя практически одинаков для различных процессов упрочнения. Для подтверждения расчетной теоретической модели было проведено экспериментальное определение характера распределения остаточных напряжений в диффузионных слоях, полученных упрочнением различными методами.

Исследования проводились на косых шлифах образцов размерами  $10 \times 10 \times 10$  мм методом рентгеноструктурного анализа на установке фирмы Bruker. Установлено, что наибольших значений остаточные напряжения сжатия достигают при проведении борирования с температурой насыщения  $1050^\circ\text{C}$ .

Для всех изучаемых составов и температурно-временных параметров поверхностного упрочнения максимальных значений остаточные напряжения достигают на поверхности образцов и уменьшаются при переходе к основе металла. Необходимо, чтобы переход к основе металла осуществлялся без каких-либо скачков уровня остаточных напряжений сжатия. Было установлено, что с увеличением времени и температуры насыщения, при проведении борирования и боросилицирования, уровень остаточных напряжений сжатия повышается. При этом с повышением температуры насыщения происходит увеличение уровня остаточных напряжений сжатия.

УДК 336.6  
УКРЕПЛЕНИЕ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ  
ВЬЕТНАМА

ЗЫОНГ Т. Х. ЧАНГ  
Научный руководитель М. С. АЛЕКСАНДРЕНКО, канд. экон. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

В настоящее время ключевыми отраслями вьетнамской экономики считаются электроэнергетика, электроника, пищевая промышленность, судостроение, сельскохозяйственное машиностроение, производство автомобилейных агрегатов и запчастей, добыча и переработка нефти и газа, туризм. Данные отрасли достаточно успешно развиваются. Но проблема финансовой устойчивости является актуальной для вьетнамских субъектов хозяйствования, на деятельность которых в условиях мирового экономического кризиса оказывал влияние высокий уровень инфляции.

Под финансовым состоянием понимается способность предприятия финансировать свою деятельность. Оно характеризуется обеспеченностью финансовыми ресурсами, необходимыми для нормального функционирования предприятия, целесообразностью их размещения и эффективностью использования, финансовыми взаимоотношениями с другими юридическими и физическими лицами, платежеспособностью и финансовой устойчивостью. Финансовое состояние может быть устойчивым, неустойчивым и кризисным. Способность предприятия своевременно производить платежи, финансировать свою деятельность на расширенной основе свидетельствует о его хорошем финансовом состоянии.

К мероприятиям по повышению эффективности хозяйственной деятельности и стабилизации финансового состояния вьетнамских предприятий можно отнести следующее:

– реструктуризация промышленности и сферы услуг – переход от производства изделий с низким научно-техническим содержанием и добавленной стоимостью к высокому уровню добавленной стоимости, с акцентом на поддержку производства высокотехнологичных продуктов;

– корректировка маркетинговой стратегии – диверсификация продукции и экспортных рынков, поощрение развития внутреннего рынка;

повышение стимулов для привлечения инвестиций из частного сектора и иностранных фирм, разработка новых форм инвестирования, в частности, государственно-частного партнерства.

УДК 330.46

ПРОЦЕССНО-ЛОГИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ  
ИННОВАЦИЯМИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

А. Э. ЗАЕНЧКОВСКИЙ

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего профессионального образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»  
Смоленск, Россия

Обладая значительным научно-экономическим и инновационным потенциалом, в России в силу ряда обстоятельств наблюдается дефицит институционального инструментария управления инновационным процессом на региональном и отраслевом уровнях.

При этом предпосылками к внедрению процессно-логистического управления в инновационной сфере региона являются: отсутствие комплексной научно-методологической базы инновационного развития инновационной сферы промышленных комплексов регионов; фрагментарная востребованность значительного научного потенциала государственных промышленных объектов и неэффективное расходование средств, направляемых на модернизацию производственных технологий; дефицит квалифицированных менеджеров; отсутствие механизмов интеграции и оптимизации научно-исследовательских подразделений предприятий и организаций, а также прочих субъектов инновационной деятельности в рамках территориально ориентированной научно-технической кооперации.

Это предопределяет необходимость дополнить концептуальные подходы к менеджменту инновационной среды на уровне региона с помощью логистики инноваций.

В рамках структурно-процессного подхода следует выделить методологически обоснованную эволюцию основных способов организации и систематизации инновационного процесса на региональном уровне: фрагментарный (включает базовые элементы инновационного процесса, разделенные временным лагом), ординарный (непрерывный процесс создания единичного инновационного продукта), последовательно-параллельный (частичное совмещение стадий разработки, производства и дистрибуции инновационного продукта и наличие обеспечивающих процессов), цикловый (каждый укрупненный элемент базового инновационного процесса представляет собой связанный с соседними цикл, появляются обеспечивающие процессы), континуальный (указанные циклы являются открытыми и транзитивно замкнутыми, могут быть выявлены интеграционные процессы).

УДК 621.833

КИНЕТИКА ИЗНАШИВАНИЯ УПРОЧНЕННОГО  
БОРОСИЛИЦИРОВАННОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ  
ТРАНСМИССИИ ЛЕСНЫХ МАШИН

А. Н. ШАКУН

Научный руководитель М. Н. ПИЩОВ, канд. техн. наук, доц.  
Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Режим работы трелевочных тракторов характеризуется невысокими скоростями и большими удельными нагрузками на зубья деталей трансмиссий, в связи, с чем основным видом их разрушения является интенсивное изнашивание, сопровождаемое пластическими деформациями, что приводит к снижению ресурса с 7500 до 3200–3500 моточасов. Установлено, что при упрочнении зубчатых колес боросилицированием с поверхностной микротвердостью зубьев 11000–12000 МПа и уровнем остаточных напряжений сжатия в упрочненном слое 320–380 МПа, интенсивность их изнашивания уменьшается по сравнению с цементированными в 2,5–2,8 раза, это подтверждается результатами стендовых испытаний. Погрешность при расчетах составляет 5–8 %, что связано с рассеиванием величины остаточных напряжений сжатия по упрочненному поверхностному слою после проведения ХТО. На основании предложенной методики расчета интенсивности изнашивания упрочненных зубчатых колес с учетом влияния остаточных напряжений после проведения ХТО, были рассчитаны величины изнашивания цементированных и боросилицированных зубчатых колес. Однако такой расчет не включает в себя остаточных напряжений после проведения химико-термической обработки, что делает его не достаточно точным, особенно в случаях упрочнения зубчатых колес такими способами, как борирование и боросилицирование.

Для учета остаточных напряжений после проведения ХТО зубчатых колес предложена методика их расчета на износостойкость, которая включает в себя: 1– определение микротвердости упрочненного слоя; 2– определение по формулам остаточных и суммарных напряжений по глубине упрочненного слоя зубчатых колес после проведения ХТО. Полученные зависимости (с учетом остаточных напряжений сжатия) подтверждаются результатами проведенных сравнительных стендовых испытаний зубчатых колес, упрочненных цементацией и боросилицированием.

УДК 621.787.4

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ПНЕВМОВИБРОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ РЕМОНТА  
НАПРАВЛЯЮЩИХ СТАНИН СТАНКОВ

Н. М. ЮШКЕВИЧ

Научный руководитель Е. В. ИЛБЮШИНА, канд. техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

В процессе работы токарных станков происходит неравномерный износ направляющих станины, что приводит к потере точности и ухудшению качества обрабатываемых заготовок, и требует ремонта станка. При этом максимальный износ приходится на середину направляющих. Это подтверждено результатами обследования станков после их капитального ремонта с использованием пневмовибродинамической обработки (ПВДО) на РУП заводе «Могилевлифтмаш», которые показали, что износ направляющих происходит только в зоне обработки. Поэтому, нет необходимости при ремонте направляющих станин станков проводить ПВДО на всей ее длине.

Расчет технико-экономической эффективности способа обработки направляющих станин станков, который состоит из механической обработки и последующей упрочняющей ПВДО, проводимой только на участке, длина которого определяется началом и концом износа направляющих перед восстановлением их геометрической точности, показал, что трудоемкость обработки по сравнению с традиционным способом ремонта, включающим шлифование с последующим шабрением, снизилась в 3 раза. Срок окупаемости капитальных затрат, которые будут необходимы для внедрения в производство новой технологии ремонта направляющих станин, при ремонте 12 станков в год составит около 7 месяцев.

Исследование на износ направляющих станин токарно-винторезных станков мод.16А20 показало, что при использовании технологии ремонта направляющих с помощью лезвийной обработки (фрезерование эльборовый фрезой) и операции ПВДО позволяет повысить срок службы станка минимум в 2,3 раза.

Ожидаемая экономия расходов на ремонт в год за счет внедрения нового способа составит более 158 млн р.

Кроме этого необходимо учитывать и косвенный эффект: из-за снижения простоя оборудования на ремонт повышается производительность труда. Дополнительный выпуск продукции ведет к увеличению прибыли, а, следовательно, и к повышению рентабельности предприятия.

УДК 338.46

РОЛЬ БЮДЖЕТНОЙ СИСТЕМЫ В РАЗВИТИИ ИННОВАЦИОННОЙ  
ЭКОНОМИКИ

С. М. ДЛИ, В. Ю. НЕСТЕРОВА

Научный руководитель И. А. ЖУЖГИНА, канд. экон. наук, доц.  
Филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего профессионального образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»  
Смоленск, Россия

Обращая внимание на систему государственного управления научно-исследовательской сферой, можно сделать вывод об особой роли региональных инновационных систем в решении задачи повышения эффективности экономики на основе широкого внедрения результатов инновационной деятельности. В настоящее время затраты федерального бюджета, прямо или косвенно связанные с инновациями, имеют тенденции к росту. Так, затраты на фундаментальные исследования выросли с 58,2 млн р. в 2008 г. до 187,3 млн р. в 2012 г., на прикладные научные исследования и разработки – с 1566 млн р. до 2749 млн р. На программы инновационного развития и модернизации экономики в 2014 г. планируется выплатить 1844,9 млрд р. (1781,6 млрд р. в 2011 г.).

Анализ показывает, что существующая система государственного финансирования инновационной деятельности не учитывает особенности инновационного потенциала субъектов РФ, а также региональных инновационных инфраструктур, что приводит к недостаточной эффективности процедур коммерциализации инновационных решений.

Как представляется, для формирования эффективной многоуровневой системы управления инновациями необходимо реализовать мероприятия:

– при разработке федеральных программ организации инновационной деятельности (например, федеральных целевых программ) учитывать инновационный потенциал субъектов РФ, при этом региональные программы инновационного развития должны стать неотъемлемой частью указанных федеральных программ;

– организовать эффективную систему мониторинга результативности расходования средств бюджета, связанных с инновационной деятельностью;

– осуществлять саму процедуру формирования соответствующих статей бюджета с более широким привлечением участников инновационного процесса на региональном уровне.

Как представляется, реализация данных мероприятий позволит на основе организации более тесной связи федеральной и региональных инфраструктур поддержки инноваций обеспечить повышение эффективности использования средств консолидированного бюджета на инновационную деятельность, что, безусловно, будет способствовать росту конкурентоспособности региональных экономик.

УДК 621.9  
КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ И СПОСОБЫ  
ИХ ДОСТИЖЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В. В. ДЕДИНЕЦ  
Научный руководитель Н. Б. АНТОНОВА, канд. экон. наук, доц.  
«АКАДЕМИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ Республики Беларусь»  
Минск, Беларусь

Экономические кризисы возникают в период, когда общество запаздывает в осознании необходимости, отказа (сначала частично, а затем почти полностью) от действующего и необходимости поворота общества к освоению нового технологического уклада.

Ряд экономистов считает, что причина нынешнего глобального кризиса заключается в исчерпании возможностей пятого технологического уклада и запоздалом (медленном) переходе на следующий технологический уклад. Меньше всего страдают от кризиса страны Европы, в экономике которых значительная доля инновационных предприятий и отраслей.

Инновационную экономику можно оценивать по следующим пяти критериям:

- высокий уровень заработной платы в ведущих отраслях, что позволяет занятым в обслуживающих отраслях увеличивать стоимость своих услуг (а значит и заработную плату);
- наличие монопольной прибыли у компаний за счет защищенности новых продуктов от копирования и опережающих инноваций;
- высокий уровень экспорта в расчете на одного жителя страны (региона);
- большой удельный вес компаний, генерирующих доход преимущественно путем оказания услуг, а не продаж товаров;
- компании задействованы в выполнении самых дорогих в плане создания добавленной стоимости операций в мировом разделении труда.

По данным критериям экономика большинства регионов страны проигрывает ведущим инновационным странам (Израилю, Германии, Дании).

Предлагается, что путь движения к инновационной экономике включает:

- 1) определение регионов (точек роста), в которых достичь критериев инновационной экономики быстрее и дешевле всего;
- 2) обеспечить приоритетную государственную поддержку бизнеса в этих точках роста;
- 3) распространить формирующуюся инновационную экономику из этих точек роста через механизм трансфера на другие регионы.

УДК 621.83  
ПРЕИМУЩЕСТВА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ПРЕЦЕССИОННОГО  
РЕДУЦИРУЮЩЕГО МЕХАНИЗМА

Л. Г. ДОКОНОВ, Ю. А. ДЕМЕНТУС, И. О. СТЕПАНОВ  
Научный руководитель П. Н. ГРОМЫКО, д-р техн. наук, проф.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

В промышленности и сельском хозяйстве при передаче вращения от приводного электродвигателя на рабочий орган привода широко используются редуцирующие механизмы. Основная их функция – это создать требуемые момент и частоту вращения на рабочем органе привода.

Основная причина невозможности передачи редуцирующими механизмами значительных мощностей в ограниченных объемах заключается в следующем. Снижение массогабаритных показателей редуцирующего механизма при передаче значительных мощностей обязательно приводит к упругим деформациям его звеньев. Указанные упругие деформации звеньев создают нерегламентированные условия работы зацепления редуцирующего механизма, что, в свою очередь, ведет к критическому ухудшению его выходных показателей.

Основная идея предлагаемых научных и технических решений по обеспечению нечувствительности выходных показателей редуцирующего механизма к упругим деформациям звеньев состоит в следующем [1]. Предложено при входе в зацепление контактирующих звеньев редуцирующего механизма обеспечивать гарантированный зазор. Контактное взаимодействие звеньев должно осуществляться лишь в тот момент, когда указанные звенья уже полностью находятся в зацеплении, при этом осуществляется взаимное базирование друг с другом.

Реализация указанной идеи в редуцирующем механизме была научно и экспериментально обоснована при его создании на основе планетарной прецессионной передачи.

Теоретически и экспериментально было доказано, что даже при наличии значительных упругих деформаций, возникающих при передаче значительных мощностей, снижение его выходных показателей в прецессионном редуцирующем механизме не наблюдалось. Кроме этого, нечувствительность выходных показателей к упругим деформациям звеньев обеспечивает также их нечувствительность к погрешностям изготовления и сборки редуцирующего механизма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование влияния на выходные показатели планетарной прецессионной передачи упругих деформаций ее контактирующих звеньев // П. Н. Громько [и др.] // Известия НАН. – 2012. – № 3. – С. 120–126.

МЕТОДЫ РАСЧЕТА МАЛЫХ КОЛЕБАНИЙ  
ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА

С. А. МОСКАЛЕВ

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

Учреждение образования

«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

Витебск, Беларусь

Известны дифференциальные уравнения гармонических колебаний эллиптического маятника, состоящего из ползуна, шарика и стержня. Принято, что в начальный момент ползун находится в покое, угловая скорость вращения шарика  $\dot{\varphi} = \dot{\varphi}_0 = 0$ , угол отклонения  $\varphi = \varphi_0 \neq 0$ . Закон движения эллиптического маятника определялся из условия, что угол  $\varphi$  мал,  $\sin \varphi \approx \varphi$ ,  $\cos \varphi \approx 1$ . Исследования по расчету малых колебаний маятника с заданной начальной угловой скоростью его движения при  $\dot{\varphi} = \dot{\varphi}_0 \neq 0$  не проведены. Не получены расчетные формулы, определяющие закон движения малых колебаний эллиптического маятника с учетом момента инерции шарика относительно точки подвеса, не рассматривалось движение шарика как материальной точки, участвующей в сложном движении. Расчет уравнения движения эллиптического маятника необходимо произвести для расширенного диапазона колебаний, принимая при этом  $\sin^2 \varphi \approx \varphi^2$  (справедливо в диапазоне от  $-40^\circ$  до  $40^\circ$ ).

Получены уравнения движения ползуна в зависимости от угла отклонения стержня от вертикальной оси и времени, и маятника в зависимости от времени и заданной начальной угловой скорости его вращения.

Установлено, что расчетная формула, определяющая закон движения малых колебаний эллиптического маятника с учетом момента инерции, имеет громоздкий вид. Если шарик принять за материальную точку, участвующую в сложном движении, то значительно упрощается уравнение, выражающее закон движения малых колебаний эллиптического маятника с заданной начальной угловой скоростью его движения. Получена схема перемещений центров масс ползуна, шарика и эллиптического маятника.

При исследовании малых колебаний эллиптического маятника с различными начальными условиями следует при расчетах рассматривать сложное движение шарика и не использовать расчетные формулы, содержащие момент инерции шарика относительно точки подвеса. Следует установить максимальное давление ползуна на горизонтальную плоскость в зависимости от угла отклонения маятника и рассмотреть квазистатическую методику расчета малых колебаний маятника.

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ  
БАНКОВ С ПРОБЛЕМНЫМИ КРЕДИТАМИ

К. А. ГУЗОВА

Научный руководитель Т. Н. ПАНКОВА

Государственное учреждение высшего профессионального образования

«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Коммерческие банки Республики Беларусь в целях возвращения просроченной задолженности имеют возможность:

1) привлечь коллекторское агентство для работы с должниками банка. В Республике Беларусь такие услуги оказывает, например, общество с ограниченной ответственностью «Никольский и Партнеры», которое сотрудничает с банками по взысканию просроченной кредитной задолженности за комиссионные. Кроме того, в 2009 г. ведущая компания по взысканию долгов Credit Collection Group открыла в Беларуси свое представительство;

2) продать проблемный портфель коллекторскому агентству. На отечественном рынке мировая модель работы коллекторов мало распространена из-за проблем законодательного регулирования деятельности коллекторских агентств;

3) вести коллекторскую работу силами самого банка – внедрить Collection систему (Система мониторинга и взыскания просроченной задолженности). Успешная самостоятельная коллекторская работа в банке может привести к образованию на базе коллекторских подразделений самостоятельных структур.

В настоящее время бизнес по возврату долгов банкам выгодно отдавать на сторону – коллекторским агентствам. Эти специализированные компании выкупают пакет долгов, чтобы в дальнейшем с ним работать. Долг заемщика при этом переходит новому кредитору. Банк списывает долги с баланса, тем самым улучшая свой имидж, и высвобождая резервы. Но даже если коллектор работает на аутсорсинге (оказывает единовременную услугу по каждому случаю), для банка вероятность возврата денег многократно возрастает.

Эффективность самостоятельной коллекторской работы в банке значительно повышается при использовании систем автоматизации коллекторской деятельности, которые позволяют банку эффективно работать с просроченной задолженностью, проводить анализ кредитного портфеля и, при этом, их внедрение и обслуживание обойдется банку в разы дешевле, чем затраты, которые банк несет при сотрудничестве с коллекторским агентством.



УДК 336.717.061  
 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА  
 КРЕДИТНОГО ПОРТФЕЛЯ КОММЕРЧЕСКОГО БАНКА

К. А. ГУЗОВА  
 Научный руководитель Т. Н. ПАНКОВА  
 Государственное учреждение высшего профессионального образования  
 «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
 Могилев, Беларусь

Рост предложения новых банковских услуг и кредитных продуктов требует автоматизации процессов оценки платежеспособности клиента и выдачи кредита. На языке программирования Visual Basic for Applications (VBA), встроенном в Microsoft Excel, был создан программный продукт, представляющий собой пример построения скоринговой модели для оценки кредитоспособности юридических лиц. При помощи диалоговых окон в программу вносится информация для идентификации заемщика.

Для анализа качественных показателей используются такие параметры как: отрасль заемщика, его кредитная история, качество хозяйственных расчетов, доля на рынке и продолжительность деятельности на рынке. Скоринговая модель с подробной расшифровкой результатов расчета количественных и качественных показателей приведена на рис. 1.

КРЕДИТНЫЙ СКОРИНГ					
Наименование		Алиета			
УНП		790563890			
Количественные показатели			Качественные показатели		
Показатель	Значение	Баллы	Показатель	Значение	Баллы
1. Темп роста выручки	85,90423988	0	1. Отрасль	Торговля	1
2. Темп роста чистой прибыли	79,1323106	0	2. Доля на рынке, %	2	1
3. Коэффициент текущей ликвидности	1,06	2	3. Количество лет на рынке	15	3
4. Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами	0,05	0	4. Качество хозяйственных расчетов	Расчеты с основными дебиторами и кредиторами осуществляются своевременно и в полном объеме, просроченная задолженность отсутствует	8
5. Коэффициент обеспеченности финансовыми обязательствами активами	0,94	0	5. Кредитная история	За последний календарный год случаи просроченной задолженности отсутствовали	8
6. Долговая нагрузка	21,91909774	0			
7. Рентабельность продаж, %	2669,964662	10			
Количество баллов (количественные показатели)					13
Количество баллов (качественные показатели)					21
ИТОГО					33
<b>ВЫСОКИЙ РИСК ЗАЕМЩИКА</b>					

Рис. 1. Скоринговая модель оценки кредитоспособности юридических лиц

Готовый скоринговый анализ выводится на печать. Распечатанный и подписанный скоринговый анализ прикладывается к кредитному досье заявителя и позволяет тем самым повысить качество кредитного портфеля.

УДК 620.004.5  
 СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ  
 ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ПО ВИБРОПАРАМЕТРАМ

А. Н. ПАРФИЕВИЧ  
 Научный руководитель А. В. ДРАГАН, канд. тех. наук, доц.  
 Учреждение образования  
 «БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
 Брест, Беларусь

В настоящее время в различных отраслях народного хозяйства применяется разнообразное оборудование, в конструкцию которого входят подшипниковые узлы. Наиболее эффективными являются методы безразборного контроля, в частности – вибродиагностика.

Совместными усилиями специалистов БрГТУ и БГУ в качестве средства для проведения экспериментальных исследований подшипниковых узлов оборудования был разработан аппаратно-программный комплекс, воплотивший в себе основные возможности в соответствии с современными тенденциями развития данного направления.



Рис. 1. Аппаратно-программный комплекс для исследования и диагностики механических приводов

Для проведения эксперимента был подготовлен объект – коробка передач универсального токарного станка СН-401/501 из парка станочного оборудования БрГТУ и разработана методика мониторинга технического состояния с использованием имеющегося оборудования. В соответствии с программой экспериментальных работ по измерению виброакустических характеристик в составе подшипниковых узлов привода были проведены замеры данных параметров на различных режимах, которые затем были обработаны с помощью оригинальных методик, реализованных в программных средствах комплекса.

В целом, применение имеющейся компьютерной системы и предлагаемых методик при выявлении ряда дефектов подшипниковых узлов в составе многовального привода показало возможность и пригодность их использования при проведении безразборной диагностики, что подтверждает перспективность развития методов и средств контроля состояния подшипниковых узлов по виброакустическим параметрам.

УДК 687.36.004.12  
 РАЗРАБОТКА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ ДЛЯ  
 ОЦЕНКИ КИНЕМАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
 ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА

А. П. ПРОХОРОВ  
 Научный руководитель А. В. ЛОКТИОНОВ, д-р техн. наук, проф.  
 Учреждение образования  
 «ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
 УНИВЕРСИТЕТ»  
 Витебск, Беларусь

Расчётная схема для оценки кинематических параметров исполнительного механизма (рис. 1) разработана для промышленного робота «IRB 1400». Манипулятор состоит из основания, нижней руки, верхней руки и имеет шесть степеней свободы.

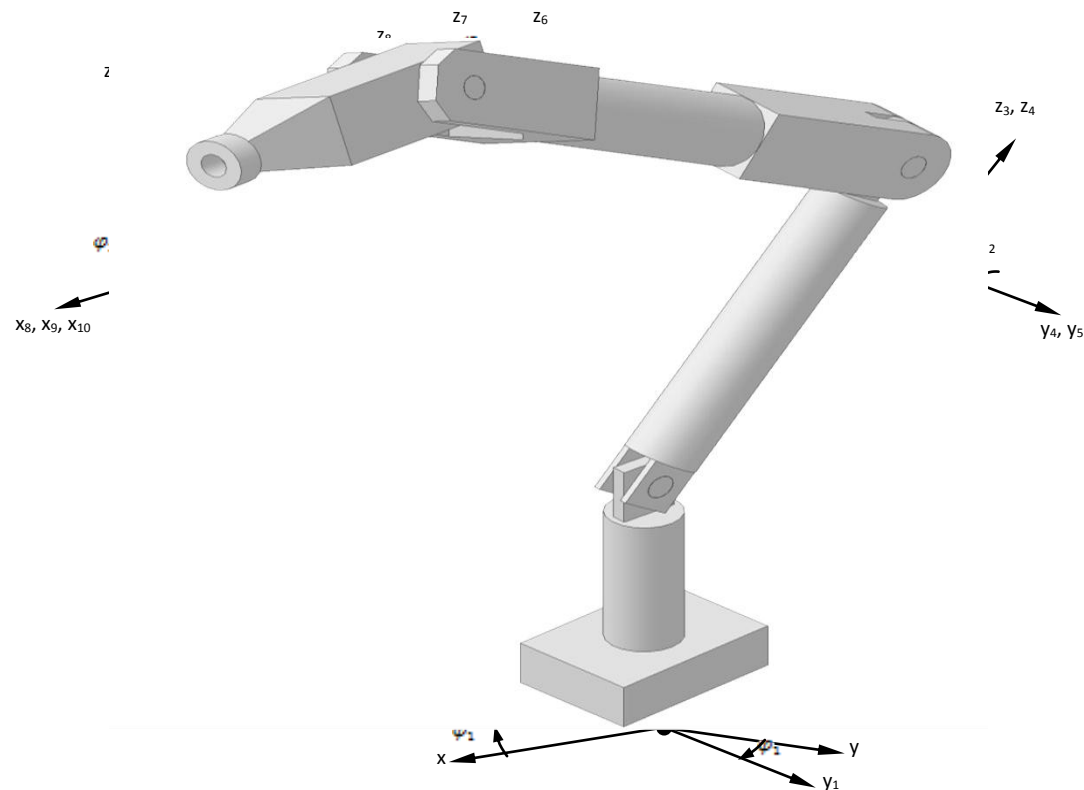


Рис.1. Расчётная схема манипулятора робота «IRB 1400»

Предложенная пространственная расчетная схема для определения кинематических параметров промышленного робота «IRB 1400» позволяет выполнить кинематический расчет в подвижной системе координат, связанной с центром схвата исполнительного механизма. При расчете динамических параметров механизма учитываются силы тяжести звеньев  $l_1, l_2, l_3, l_4$  и угловые скорости  $\dot{\varphi}_1, \dot{\theta}_1, \dot{\theta}_2, \dot{\varphi}_2, \dot{\theta}_3, \dot{\varphi}_3$ .

УДК 656.073  
 НЕЧЕТКО-ЛОГИЧЕСКИЕ МУРАВЬИНЫЕ АЛГОРИТМЫ  
 ОПТИМИЗАЦИИ МАРШРУТОВ ДОСТАВКИ ПРОДУКЦИИ

С. И. ГЛУШКО, А. Э. ЗАЕНЧКОВСКИЙ, Е. А. КИРИЛЛОВА  
 Филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
 учреждения высшего профессионального образования  
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»  
 Смоленск, Россия

Инновационная направленность развития современной экономики предполагает увеличение количества и качества реализации инновационных проектов. Одним из его этапов является организация доставки как комплектующих, так и готовой продукции.

Задача оптимизации маршрутов доставки продукции является достаточно сложной, требующей применения современных математических и инструментальных средств. Поскольку получить оптимальное решение в кратчайшие сроки не удастся, на практике используются эвристические алгоритмы, к числу которых относятся муравьиные колонии. Исходная информация о возможных перемещениях часто является нечеткой. Авторами предложен модифицированный алгоритм муравьиных колоний на основе применения аппарата нечеткой логики. Алгоритм включает этапы.

Поэтапное построение маршрутов с использованием правил поведения муравьев.

Первое правило дает возможность осуществлять расчет значения вероятности передвижения муравья из вершины в вершину.

*ППм-1: «ЕСЛИ (величина феромона  $\tau_{i,j}^l$  на дуге  $(i,j)$  типа  $l$  ЕСТЬ « $A_{m1}$ ») И (величина совокупной стоимости прокладки кабеля типа  $l$   $S_{ij}^l$  на дуге  $(i,j)$  ЕСТЬ « $B_{m2}$ »), ТО (вероятность перехода  $(p_{ij}^l)^q$  в узел  $j$  с использованием кабеля  $l$  на итерации  $q$  ЕСТЬ « $D_{m4}$ »)».*

Второе правило объединяет в одно решение пути отдельных муравьев.

*Ппм-2. «Если муравей  $t$  достиг пути, построенного муравьем  $t^*$ , ТО (пути муравьев  $t$  и  $t^*$ , а также их табу-листы объединяются) И (муравей  $t^*$  ликвидируется)»*

Обновление количества феромонов включает два этапа: испарение и добавление нового количества феромона после завершения построения решений на каждой итерации.

Этапы повторяются до тех пор, пока результат не перестанет изменяться в течение заранее определенного числа итераций.

В. В. ГИМАРОВ, А. А. БАЛЯБИНА, А. А. ТЮТЮННИК

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»  
Смоленск, Россия

Инновационное развитие предприятий является одним из наиболее важных факторов модернизации российской экономики и входит в число основных направлений разработки внутренней и внешнеэкономической политики России. Основными причинами низкой инновационной активности организаций являются: сокращение объема государственного финансирования, острая нехватка собственных средств и отсутствие возможностей по привлечению заемных источников, не восполняются притоком частного капитала. На сегодняшний день наиболее эффективным подходом к управлению инновационной деятельностью телекоммуникационного предприятия является использование различных математических инструментов, в том числе нейронных сетей, систем нечетко-логического вывода, а также мультиагентных методов моделирования на различных этапах инновационного управления.

В общем случае мультиагентная модель, описывающая поведение предприятия на рынке может быть представлена кортежем следующего вида:  $MS = \langle A, E, O, D, G_i, G_o \rangle$ , где  $A$  – множество агентов системы  $A = \{A_{\text{центр\_управ}}, A_{\text{филиал}}\}$ ;  $E$  – множество внешних сред, в которых функционируют агенты, не имеющие отношения к рассматриваемой системе  $E = \{E_{\text{конкур\_р}}, E_{\text{конкур\_н}}, E_{\text{потреб}}, E_{\text{органы\_управлен}}\}$ ;  $O$  – множество взаимодействий между агентами системы;  $D$  – множество коммуникативных актов взаимодействия между агентами, которые формируют протокол коммуникации  $D = \{D_1, D_2, D_3, D_4\}$ ;  $D_1$  – множество коммуникативных актов, имитирующих передачу информации,  $D_2$  – множество актов, имитирующих управление одних агентов другими;  $D_3$  – множество актов, имитирующих поиск потенциальных поставщиков услуг;  $D_4$  – множество актов, имитирующих запрос на подключение к предприятию-поставщику;  $G_i = \{G_1, G_2, \dots\}$  – цели агентов системы,  $G_1$  – максимизация прибыли от продаж в регионе,  $G_2$  – минимизация расходов на формирование инфраструктуры в регионе;  $G_o = \{G_o^1, G_o^2, \dots\}$  – цели агентов внешней среды;  $G_o^1$  – максимизация прибыли от продаж,  $G_o^2$  – минимизация расходов на формирование инфраструктуры в регионе.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 12-01-00266-а.

А. П. ПРУДНИКОВ

Государственное учреждение высшего профессионального образования «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Применение в передаче с промежуточными телами качения цилиндрического типа составных роликов вместо шариков позволяет повысить КПД и нагрузочную способность передачи. Однако силы, действующие на ролики, со стороны одно- и многопериодного кулачков вызывают их перекося вдоль пазов ведомого вала, в которых ролики расположены. Что в свою очередь, приводит к значительному снижению КПД передачи и может вызвать ее заклинивание.

С целью устранения возможности перекося роликов были предложены варианты конструкции составных роликов, предотвращающие их перекося в зоне контакта: с ведомым валом, с однопериодными кулачками, с одно- и многопериодными кулачками.

В ходе проведенного кинематического и силового анализа передачи с предложенными конструкциями составных роликов разработана математическая модель, позволяющая оценить потери мощности на трение вследствие действия сил, вызывающих перекося роликов в зависимости от предложенных вариантов их конструкции. В результате прочностного анализа получены зависимости по расчету геометрических параметров составных роликов для предложенных вариантов их конструкции.

Установлено, что конструкция составного ролика, предотвращающая перекося в зоне контакта с ведомым валом, приводит к наибольшим потерям мощности на трение. Минимальные потери мощности на трение вследствие действия сил, вызывающих перекося роликов, возникают при варианте конструкции ролика, предотвращающей перекося в зоне контакта с одно- и многопериодными кулачками одновременно. Однако при этом диаметр втулок, являющихся элементами составного ролика и контактирующих с кулачками, должен быть больше ширины пазов ведомого вала (диаметра втулки, контактирующей с ведомым валом). Увеличение диаметра втулки, контактирующей с кулачками, при передаточных числах более пяти, приводит к увеличению подрезания их многопериодной торцевой поверхности и, соответственно, снижению нагрузочной способности передачи. С этой точки зрения, при передаточных числах более пяти, целесообразен вариант конструкции ролика, предотвращающей перекося в зоне контакта только с однопериодными кулачками.

УДК 621.833.389  
АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВИНТА С КОНИЧЕСКИМИ ПАЛЬЦАМИ  
КОЛЕСА ЧЕРВЯЧНОЙ ПЕРЕДАЧИ КАЧЕНИЯ

С. Н. РОГАЧЕВСКИЙ

Научный руководитель М. Ф. ПАШКЕВИЧ, д-р техн. наук, проф.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

В червячных передачах качения наблюдается геометрическое скольжение перекатывающихся цилиндрических пальцев или подшипников по рабочим поверхностям винта, или пружины. Оно вызвано неодинаковым изменением скорости по длине контакта этих тел. С целью исключения потерь энергии на геометрическое трение в зацеплениях передачи целесообразно использовать тела качения с конической рабочей поверхностью, при этом сечение витка винта (пружины) осевой плоскостью должно иметь контур трапеции с углом профиля  $\alpha$ . Условием отсутствия геометрического трения в зацеплении является расположение вершины конуса рабочей поверхности тела качения на оси вращения винта, выраженным зависимостью:

$$d_1 = D_3 / \operatorname{tg}(\alpha / 2),$$

где  $d_1$  – диаметр делительной окружности витков винта;  $D_3$  – диаметр средней окружности конической рабочей поверхности тела качения.

В зацеплении конического пальца с витком винта (пружины) наряду с торцовой силой  $F_{n3}$  возникает дополнительная осевая сила

$$F_a = F_{n3} \cdot \operatorname{tg} \alpha.$$

Сила  $F_a$  дополнительно нагружает не только зацепляющиеся детали, но и подшипники, в которых установлены пальцы, способствуя более равномерному распределению нагрузки между телами качения подшипников.

Аналогично, как в сопряжении винта (пружины) с цилиндрическим пальцем, в коническом зацеплении из-за удаления  $l$  точки приложения усилия  $F_{n3}$  на палец от средней плоскости подшипника, палец изгибается моментом

$$M_u = F_{n3} \cdot l.$$

Этот момент также воспринимается подшипником, в котором он установлен. До некоторого значения  $M_u$  также способствует более равномерному распределению нагрузки между телами качения подшипника.

Другие силовые факторы, действующие в передаче с коническими зацеплениями, определяются аналогично силам в зацеплениях винта (пружины) с цилиндрическими пальцами (подшипниками).

УДК 911.3.33 (476.4)  
ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
НА ПРЕДПРИЯТИИ

О. О. ГАПЕЕВА-СЕРГЕЙЧИК, С. М. КАРАНЕВИЧ

Научный руководитель Т. Е. БОНДАРЬ, канд. экон. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Движущей силой конкуренции является стимул к нововведениям. Именно на основе нововведений удается повышать качество продукции (услуг), улучшать полезный эффект товара, тем самым добиваться конкурентного преимущества данного товара. Таким образом, обеспечение конкурентоспособности товара требует новаторского, предпринимательского подхода, сутью которого являются поиск и реализация инноваций. В тоже время успешная инновация требует упорнейшей сосредоточенной работы.

Главной предпосылкой инновационной стратегии является моральное старение выпускаемой продукции и технологии. В связи с этим каждые три года на предприятиях следует проводить аттестацию выпускаемых изделий, технологий, оборудования и рабочих мест, анализировать рынок и каналы распределения товаров. Можно выделить следующие основополагающие принципы новаторской деятельности:

1) целенаправленная систематическая инновационная деятельность требует непрерывного анализа возможностей инноваций;

2) инновация должна соответствовать нуждам, желаниям, привычкам людей, которые будут ею пользоваться. Следует задать себе вопрос: «Что должна отражать данная инновация, чтобы у будущих потребителей возникло желание ею пользоваться?»;

3) инновация должна быть простой и иметь точную цель. Величайшая похвала инновации звучит так: «Смотрите-ка, как все просто! Как я до этого не додумался?»;

4) внедрять инновации эффективнее, имея небольшие деньги и небольшое количество людей, ограниченный риск. В противном случае почти всегда не хватает времени и средств для многочисленных доработок, в которых нуждается инновация;

5) эффективная инновация должна быть нацелена на лидерство внутри ограниченного рынка, в своей нише. Иначе она создает ситуацию, когда конкуренты вас опередят.

Организация инновационной деятельности на основе указанных принципов позволит предприятию продвинуться вперед и добиться успеха.

УДК 338.2  
ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЙ

А. Ю. БЫЧКОВСКИЙ  
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»  
Киев, Украина

Стабильное функционирование судостроительного предприятия в современных условиях глобализационной трансформации набирает все большую актуальность. Динамический рост мировой торговли подталкивает к активизации грузопотоков водными видами транспорта. Данное обстоятельство приводит к обострению конкуренции судостроительной продукции. Судостроительные предприятия как имеющие относительно длительный производственный цикл оказываются в опасности из-за неизбежной, в таком случае, цикличности конъюнктуры. Дестабилизация спроса и предложения обусловлена нестабильностью комплекса факторов глобального уровня. Как следствие, на локальном уровне наблюдаются обострения неопределенности. Учитывая особенность экспортной ориентации национальной судостроительной промышленности, проблемы глобального рынка напрямую влияют на поступление новых заказов, заставляя судостроителей пересматривать традиционные ниши рынка и переориентироваться на завоевание новых.

Экономика предприятий судостроительного сектора переживает существенные трансформации. Большое количество предприятий по всему миру оказываются в сложной финансово-экономической ситуации, что ставит под угрозу дальнейшую эффективную работу заводов. Зависимость от внешних финансовых ресурсов тормозит развитие. Усиливается это тем, что менеджмент не готов противопоставить эффективные комплексы управленческих действий по преодолению негативных последствий. Кроме этого, важной задачей становится достижение конкурентных преимуществ и завоевание новых, перспективных рыночных ниш.

Вместе с тем, новые условия растущей неопределенности подталкивают руководство компаний к разработке адекватных методов антикризисного менеджмента. Важное значение при этом имеет анализ кризисных явлений, в которых может оказаться предприятие.

УДК 631.356.2  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ  
КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН

С. В. СИНИЙ, \*Р. Б. ГЕВКО, Н. Я. ВАРГОЛЯК  
«ЛУЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
\*«ТЕРНОПОЛЬСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Луцк, Тернополь, Украина

Одним из актуальных и перспективных направлений создания, разработки и усовершенствования конструкций машин и механизмов, в том числе и в сельскохозяйственном машиностроении, является изыскание рабочих органов, отвечающих требованиям энергоэффективного и качественного выполнения операций рабочих процессов (для машинных технологий уборки картофеля – технологического процесса уборки клубней, состоящего из последовательных или совместных операций выкапывания, сепарации, транспортирования и выгрузки вороха).

При последовательном прохождении вороха картофеля по рабочим поверхностям машины интенсивность воздействия рабочих органов по нормали на поверхность клубня должна поэтапно уменьшаться, при одновременном плавном увеличении её по касательной (патент Украины на полезную модель №77366 от 11.02.2013). Для проведения исследований конструктивно-кинематических, энергетических, а также различных технологических (например, по оценке качества сепарации вороха различными рабочими поверхностями; по оценке интенсивности изнашивания самих рабочих поверхностей и проч.) параметров рабочих органов разработаны методика проведения экспериментов и лабораторные стенды, один из которых представлен на рис. 1 (патент Украины на полезную модель №79083 от 10.04.2013).

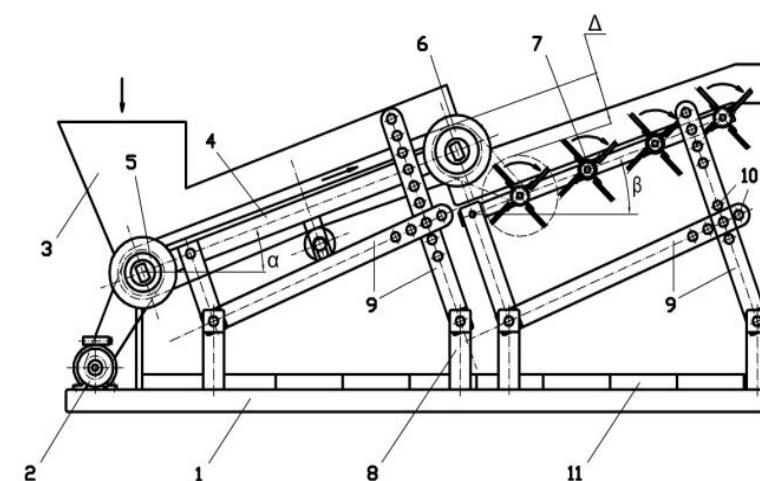


Рис. 1. Стенд для исследования очистных рабочих органов: 1 – рама с регулирующими устройствами 8–10; 2 – двигатель; 3 – бункер; 4–7 – рабочие органы очистки; 11 – лотки

Е. В. ТОМИЛО

Научный руководитель Ю. В. ВАСИЛЕВИЧ, д-р физ.-мат. наук, проф.  
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Рассматривая автомобильную рессору как балку на двух опорах, определили, что брус равного сопротивления постоянной толщины будет иметь форму ромба. При этом, так как подобная конструкция крайне неудобна в эксплуатации, поступаем следующим образом. Представим, что лист рессоры разделен на узкие полоски. Если расположить эти полоски не рядом друг с другом, а одна над другой, то работа такой балки не изменится, а ее конструкция станет более компактной.

При анализе напряжений и деформаций автомобильной рессоры на косых подвесках были получены следующие соотношения:

– уравнение прочности рессоры на изгиб

$$n \frac{bh^2}{6} \sigma_{max} = \frac{Pl}{2} \varphi;$$

– стрела прогиба рессоры

$$f = \frac{3Pl^3}{Enbh^3} \cdot \varphi;$$

– коэффициент, учитывающий кривизну рессоры и угол наклона её подвесок

$$\varphi = \left( 1 + \frac{\lambda}{l} \operatorname{tg} \alpha \right),$$

где  $\lambda$  – стрелка рессоры после деформации;  $2l$  – хорда рессоры после деформации;  $P$  – внешняя нагрузка на рессору;  $\alpha$  – угол наклона рессорных подвесок к вертикали;  $\Delta$  – гибкость рессоры;  $f$  – упругая деформация (стрела прогиба) рессоры под действием силы  $P$ .

В результате преобразований найдена зависимость для определения числа листов автомобильной рессоры

$$n = \frac{300 l^3}{E \Delta h b^3} \varphi.$$

Получены достаточно простые аналитические зависимости для определения количества листов рессоры в зависимости от требуемой нагрузки и гибкости рессоры. Так для рабочей нагрузки 10 кН достаточно 5 листов.

Т. А. БОРОДИЧ

Научный руководитель В. В. ТЕРЕШИНА, канд. экон. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Минск, Беларусь

В современных условиях интегрированная хозяйственная система занимается улучшением деятельности всех предприятий, входящих в ее состав, и, в частности, созданием механизма финансовых связей и финансового контроля через владение акциями или собственностью. Конкурентоспособность предприятия напрямую зависит от того, насколько своевременно информация о критических факторах успеха предоставляется ответственным за принятие решений работникам. Поэтому возникает необходимость в применении систем поддержки принятия решений для управления хозяйственной деятельностью в своевременном и эффективном принятии решений, связанных с повышением конкурентоспособности предприятия.

Системы поддержки принятия решений – это компьютерные системы, разработанные, чтобы помочь руководителю в принятии решений управления, объединяя данные, сложные аналитические модели и удобное для пользователя программное обеспечение в единую мощную систему, которая может поддерживать слабоструктурированное и неструктурированное принятие решения.

В настоящее время, применяя компьютерные технологии, стало возможным использовать системы поддержки в управлении по трем направлениям: поддержка принятия управленческих решений; проведение сравнительного анализа вариантов решений; поддержка выбора управленческого решения. Такого рода системы базируются на методах многокритериального анализа и экспертных оценок.

Таким образом, использование системы поддержки принятия управленческих решений на уровне, как всей интегрированной хозяйственной системы, так и отдельных ее элементов позволит повысить ее конкурентоспособность, своевременно и адекватно реагировать на происходящие изменения в условиях хозяйствования.

УДК 004.89

НЕЧЕТКО-СЕТЕВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ В АВИАСТРОЕНИИ

О. В. БАГУЗОВА

Научный руководитель М. И. ДЛИ, д-р техн. наук, проф.  
Филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего профессионального образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»  
Смоленск, Россия

Авиастроение играет ключевую роль в обеспечении динамического развития отечественной экономики, поскольку оно является потребителем продукции многих отраслей народного хозяйства, а также решает важные социально-экономические и политические задачи. За последние 10 лет в рамках федеральной целевой программы на его развитие было направлено свыше 152 млрд р. Однако, несмотря на практически полное освоение выделенных средств, запланированные задачи выполнены лишь частично. Одним из ключевых препятствий для эффективной реализации программы стали организационные и технические ошибки в процессе планирования инновационной деятельности авиастроительных предприятий.

Важное значение в процессе планирования играет анализ перспектив реализации инновационного проекта, построенный на результатах оценки внутренних и внешних возможностей выполнения бизнес-плана. В настоящее время разработано множество методов анализа внутренней и внешней среды, однако зачастую они основаны на качественных оценках отдельных сфер, что не формирует полной картины текущей ситуации.

Данный факт обуславливает необходимость использования интеллектуальных методов, среди которых наиболее предпочтительными являются логико-лингвистические модели, оперирующие понятиями (состояниями / событиями) и логическими связями между ними. Для отображения взаимосвязей между понятиями предметной области можно использовать растущие пирамидальные сети, позволяющие обрабатывать слабоструктурированные данные. В отличие от других сетевых моделей для их обучения не требуется большой объем априорной информации, накопление которой в области микроэкономики затруднительно.

Для определения силы межфакторных влияний целесообразно использовать нечетко-логические методы, которые на основе экспертного опыта позволяют оценивать потенциальную возможность того, что состояние системы будет обусловлено реализацией некоторого события. Это обстоятельство приводит к необходимости модификации исходного аппарата растущих пирамидальных сетей путем введения элементов нечеткости для решения управленческих задач в условиях неопределенности внешней среды и недостатка статистических данных.

УДК 629.3.027.3:004.94

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СТАРТА БЕСПИЛОТНЫХ  
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С КАТАПУЛЬТЫ

Е. В. ТОМИЛО

Научный руководитель Ю. В. ВАСИЛЕВИЧ, д-р физ.-мат. наук, проф.  
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Использование катапульта с приводом на основе плоских упругих элементов являются одними из наиболее эффективных способов запуска беспилотных летательных аппаратов. Катапульти такого типа отличаются максимальной простотой и надежностью. С использованием в качестве упругих элементов катапульта плоских пружин, ускорение при запуске остается практически постоянным. На рис. 1 изображено устройство запуска.

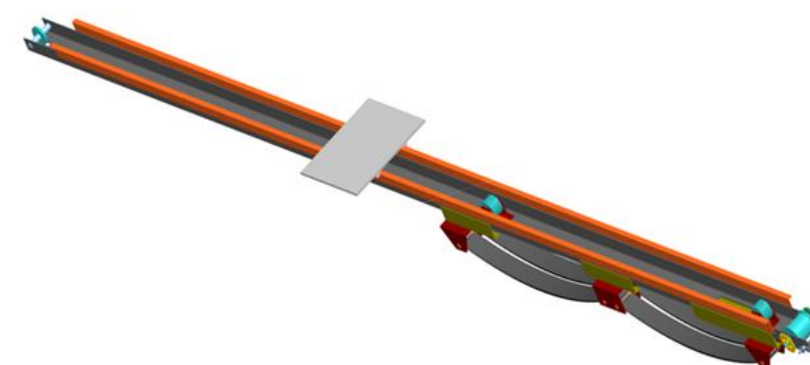


Рис. 1. Катапульта с использованием плоских пружин

В работе определен закон движения элементов катапульта с приводом на основе плоских пружин с использованием уравнений Лагранжа II рода. Исследована динамика старта беспилотного летательного аппарата с катапульта для различных условий запуска. Расчеты позволили оптимизировать массогабаритные и конструктивные характеристики пускового устройства беспилотных летательных аппаратов.

И. В. ТРУСОВ, П. С. ГОНЧАРОВ

Научный руководитель П. Н. ГРОМЫКО, д-р техн. наук, проф.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

В машиностроении широкое применение в приводных механизмах получили мотор-редуктора, разработанные на основе различных видов механических передач. Мотор-редуктор состоит из электродвигателя и редуцирующего механизма, который имеет массивный корпус. Его основные функции – это точное взаимное расположение в нем входного и выходного валов редуктора, отвод теплоты с контактной зоны зацепления звеньев, а также восприятие значительных крутящих и реакционных моментов в редукторах планетарного типа. Следует отметить, что корпус является, как правило, наиболее дорогостоящей деталью редуктора. Поэтому было предложено техническое решение по усовершенствованию конструкций мотор-редукторов в направлении создания бескорпусной редукторной вставки (БРВ) для серийно выпускаемого электродвигателя. Разработка указанной БРВ стало возможным на основе прецессионной передачи типа К-Н-V [1]. БРВ собирается на валу электродвигателя, а крепление основной детали – неподвижного центрального зубчатого венца, осуществляется на его фланце. Высокое значение КПД БРВ позволяет осуществлять теплоотвод из зоны контакта звеньев через корпус электродвигателя. Для передачи вращения от сателлита на вал исполнительного устройства в БРВ могут быть использованы угловая муфта или шарнир равных угловых скоростей.

Таким образом, предлагаемая БРВ к электродвигателю, разработанная на основе прецессионной передачи типа К-Н-V, позволит создать устройство, которое более чем в два раза по габаритам, массе и себестоимости изготовления будет меньше, чем общемашиностроительные мотор-редукторы с аналогичными эксплуатационными показателями.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прецессионные редуцирующие механизмы для приводных устройств различного назначения: монография / П. Н. Громько [и др.]; под общ. ред. П. Н. Громько. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2013. – 273 с.

А. В. АРТЕМОВА

Научный руководитель А. С. ЗУБКОВ, канд. экон. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Взаимодействие с развивающимися странами – одно из важнейших направлений в поиске новых инвесторов и рынков сбыта для белорусских товаров. Основными партнерами являются: Китай, Бразилия, Венесуэла. Однако даже с постоянными партнерами среди стран третьего мира доля в общем товарообороте республики невелика (табл. 1).

Табл. 1. Итоги внешней торговли Республики Беларусь с некоторыми развивающимися странами в 2012 г.

Страна	Товарооборот, млн долл.	Экспорт, млн долл.	2012 г. в % к 2011 г.	Импорт, млн долл.	2012 г. в % к 2011 г.	Сальдо, млн долл.	Доля в общем товарообороте республики, %
Китай	2946,7	468,6	67,2	2478,1	107,1	-2009,5	3,2
Бразилия	1006,6	801,5	65,5	205,1	56,2	596,4	1,1
Венесуэла	580,8	254,4	128,0	326,4	28,9	-72,0	0,6
Малайзия	224,1	118,3	195,0	105,8	134,4	12,5	0,2

Ограниченность белорусской экспортной линейки в отношениях с развивающимися странами сохраняется. Практически со всеми торговыми партнерами среди развивающихся стран в экспорте Республики Беларусь преобладает один товар. Для стран Латинской Америки, Южной и Юго-Восточной Азии и ряда африканских стран – это калийные и азотные удобрения. Для стран Ближнего Востока и Северной Африки – изделия из стали. Лишь с Китаем, Венесуэлой, Ираном, Кубой и Турцией экспорт более разнообразен. Экономическое сотрудничество Республики Беларусь с международными партнерами сдерживают следующие факторы: медленные структурные реформы в стране, отсутствие новых конкурентоспособных отраслей, преобладание государственного сектора экономики и отсутствие развитого крупного национального бизнеса. Однако Республика Беларусь намерена расширять сотрудничество в данном направлении. Диверсификация торговли и углубление экономической кооперации являются важной предпосылкой роста экономики.



УДК 339.1

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РЫНКА ПРОМЫШЛЕННЫХ КОРМОВ  
ДЛЯ НЕПРОДУКТИВНЫХ ЖИВОТНЫХ

О. И. АКСЕНОВА, К. Г. ИЛЬИНСКАЯ

Научный руководитель М. Г. КУЛИКОВА, канд. тех. наук, доц.  
Филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего профессионального образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»  
Смоленск, Россия

Анализ тенденций развития производства промышленных кормов для кошек и рынка их сбыта показывает, что данные продукты занимают важное место в рационе питания домашних животных.

По числу домашних животных на душу населения Россия занимает второе место в мире: 40 % российских семей содержат хотя бы одно животное, при этом 73 % питомцев – кошки. Однако, при этом в нашей стране сосредоточено только около 2 % общемирового рынка кормов для животных.

До 82 % российского рынка кормов в стоимостном выражении приходится на корма для кошек. С 2007–2012 гг. рынок ежегодно вырастает на 25–35 %. Этот рост обеспечивается новыми заводчиками животных, а так же постепенным переключением владельцев животных на корма более высоких классов. В основном российский рынок кормов занимают крупнейшие интернациональные бренды – более 90 %: Mars контролирует до 70 % рынка, Nestle, Purina – 14 %. Доминирующее положение на рынке занимают корма класса эконом, доля кормов супер-премиум класса составляет около 5 %.

Основная роль на мировом рынке кормов отводится следующим производителям: Mars Inc. (доля рынка 23 %), Nestle S.A. (22,4 %), Colgate-Palmolive и Procter & Gamber (около 6 % всех продаж) и Del Monte (3 %).

В 2008 г. импорт промышленных кормов достиг рекордного объема, однако в связи с кризисными явлениями в 2010 г. произошло сокращение поставок. Основной импорт сухого корма приходится на Нидерланды, Францию и Германию – около 76 %, консервированного – Франция, Таиланд, Австрия, Венгрия и Германия – 85 %.

Ежегодный объем продаж промышленных кормов для домашних животных оценивается по официальным данным в 1,2 миллиарда долларов США, и в 1,5 миллиарда долларов США по оценкам независимых исследовательских агентств.

История рынка промышленных кормов для непродуктивных животных в России насчитывает более 20 лет. В настоящее время рынок считается развивающимся, достаточно быстро растущим и сконцентрированным вокруг крупных городов.

УДК 621.83.06

ОЦЕНКА УРАВНОВЕШЕННОСТИ СФЕРИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ  
С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ

Е. С. ФИТЦОВА

Научный руководитель М. Е. ЛУСТЕНКОВ, канд. техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Статическую уравновешенность механизма можно оценить, проанализировав положение центра масс его звеньев в процессе работы. Если центр масс располагается на оси передачи, то можно говорить об осевой уравновешенности, если центр масс неподвижен, то передача уравновешена на фундаменте. Целью данной работы было исследование статической уравновешенности ППТК сферического типа.

Конструкция и принципы работы сферических трехзвенных механизмов с промежуточными телами качения описаны в [1]. Рассмотрим два типа сферических передач: с беговыми дорожками, описанными уравнениями синусоид, и с беговыми дорожками, описанными уравнениями окружности и сопряженной с ней кривой [2]. Был проведен сравнительный анализ ППТК с одинаковыми геометрическими параметрами, который позволил прийти к следующим выводам.

1. Уравновешенность сферических передач обоих типов зависит от суммы числа периодов беговых дорожек внутреннего и наружного кулачков  $Z_1+Z_3$ . Если этот параметр имеет четное значение, то система уравновешена, если нечетное – не уравновешена. При этом с увеличением чисел периодов  $Z_1$  и  $Z_3$  неуравновешенность снижается. Влияние  $R$  (радиус окружности – образующей сферической поверхности, на которой расположены центры тел качения) аналогично, а при увеличении амплитуды  $A$  неуравновешенность системы возрастает.

2. Степень неуравновешенности передачи с кольцевой канавкой на порядок выше, чем передачи с синусоидальными кривыми, поэтому применение последних более целесообразно, несмотря на некоторое усложнение технологического процесса изготовления одноперодной беговой дорожки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лустенков, М. Е. Конструкции сферических передач с промежуточными телами качения / М. Е. Лустенков, Е. С. Фитцова // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. – 2012. – № 4 (76). – С. 61–63.

2. Лустенков, М. Е. Передачи с промежуточными телами качения: определение и минимизации потерь мощности: монография / М. Е. Лустенков. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2010. – 274 с.

УДК544.654.2:546.74  
 ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ НИКЕЛЕВЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ  
 ГЛИЦИНАТНЫХ И ТАРТРАТНЫХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ  
 ЭЛЕКТРОЛИТОВ

И. В. АНТИХОВИЧ, Н. М. АБЛАЖЕЙ  
 Научный руководитель А. А. ЧЕРНИК, канд. техн. наук, доц.  
 Учреждение образования  
 «БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
 УНИВЕРСИТЕТ»  
 Минск, Беларусь

С целью создания энергоэффективного процесса нанесения никелевого покрытия рассматривалась возможность замены стандартного электролита Уоттса, работающего при повышенной температуре ( $\approx 45-60$  °С), на электролиты для нанесения покрытия при комнатной температуре. Объектом исследования являлся хлоридный электролит с добавкой аминокислотной кислоты (глицинатный), сульфатно-хлоридный и хлоридный электролиты с добавкой сегнетовой соли (тарtratные). Концентрация  $Ni^{2+}$  в исследуемых электролитах составила  $0,95$  моль/дм<sup>3</sup>.

Выход по току в диапазоне от  $1$  до  $5$  А/дм<sup>2</sup> в тарtratных электролитах составляет  $94-98$  %, в глицинатных – выход по току никеля увеличивается с  $85-90$  % до  $93-95$  % при введении в электролит глицерина.

Микротвердость никелевых покрытий, полученных из тарtratного электролита составляет  $170-240$  кгс/мм<sup>2</sup>, в глицинатных с увеличением плотности тока с  $2$  до  $4$  А/дм<sup>2</sup> наблюдается увеличение твердости с  $420$  до  $490$  кгс/мм<sup>2</sup>. Установлено, что добавление  $0,01$  г/дм<sup>3</sup> глицерина приводит к уменьшению твердости до  $410$  кгс/мм<sup>2</sup>.

Микрофотографии, полученные методом электронной сканирующей микроскопии, показывают, что покрытия из тарtratного электролита с большим содержанием  $Cl^-$  имеют более равномерную структуру по сравнению с покрытием, полученным из тарtratного электролита с преимущественным содержанием  $SO_4^{2-}$ , что связано с различным значением рассеивающей способности исследуемых электролитов. Никелевые покрытия, осажденные из глицинатных электролитов, имеют широкую сетку трещин. Увеличение температуры осаждения не дает улучшений качества осадка.

Пористость никелевых покрытий, измеренная методом наложения фильтровальной бумаги, показала, что тарtratные электролиты дают покрытия практически беспористые при толщине  $10-15$  мкм и позволяют получить равномерные толстослойные покрытия без дефектов (до  $60$  мкм).

Таким образом установлено, что варьирование состава позволяет получать никелевые покрытия с различной твердостью и высоким выходом по току.

УДК 528.721.063.1  
 РАСЧЕТ ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ ЦММР  
 МЕТОДАМИ ПОКРЫТИЯ

А. В. ШОСТАК, А. В. ШИРОКОВ, А. Ю. СМОЛА  
 «ВОСТОЧНОЕВРОПЕЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
 им. Л. Украинки»  
 «УКРАИНСКАЯ АКАДЕМИЯ ПЕЧАТИ»  
 «ЛУЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
 Луцк, Львов, Украина

По своему характеру фрактальная размерность связана не с топологией, а с метрикой, т.е. способом построения множества. Неформальное объяснение заключается в том, что для каждого целого числа  $\gamma$   $D$ -мерный куб можно замостить  $N = \gamma^D$  кубиками, подобному данному с коэффициентом самоподобия  $\gamma(W) = \gamma^{-1}$ .

Пусть исследуемая поверхность  $\Omega$  заданна ЦММР (в узлах регулярной сетки заданы аппликаты микрорельефа). Производится выбор некоторых множеств (базовых покрытий) микрорельефа поверхности. Для упрощения алгоритма за базовое множество взят квадрат со стороной  $r$ . Базовые покрытия – квадраты с длинами сторон  $8r, 4r, 2r, r$  и  $r/2$  (рис. 1). На основе ЦММР строится карта изолиний микрорельефа с шагом  $r$  по оси  $Z$ .

Для каждого базового покрытия “методом палетки” последовательно подсчитывается площадь территории, образованной каждой изолинией.

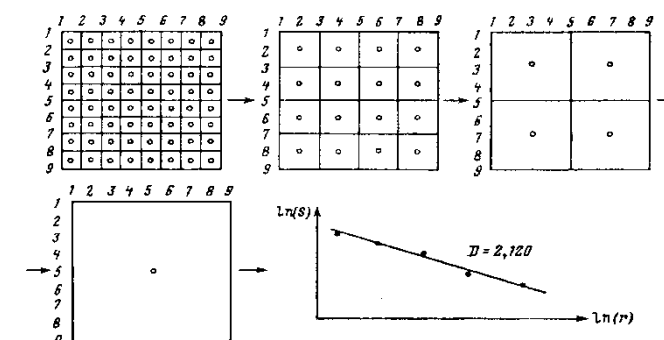


Рис. 1. Иллюстрация поэтапного разбиения поверхности ЦММР для определения фрактальной размерности методами покрытия

Затем суммируются все площади территорий для каждой изолинии и каждого покрытия. Имея набор базовых покрытий и, соответственно им площадь территории для каждой изолинии, строится графическая зависимость в дважды логарифмическом масштабе (по одной оси откладываются  $\ln S$ , а по второй –  $\ln r$ ). Через полученное множество точек проводится прямая наилучшего приближения, вычисляется угловой коэффициент этой прямой, определяется фрактальная размерность каждой изолинии. За фрактальными размерностями изолиний ЦММР отыскивается усредненное значение фрактальной размерности ЦММР:

$$D = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N D_i + 1.$$

В. В. ШИРОКОВ, \*И. А. ГРИБОК, \*И. Н. ДРОЗД

«УКРАИНСКАЯ АКАДЕМИЯ ПЕЧАТИ»

\*«ЛУЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Львов, Луцк, Украина

Микрорельеф является результатом случайного процесса, фрактальный анализ которого можно выполнять исходя из зависимостей обобщенного броуновского движения. Чтобы построить обобщенную броуновскую кривую, для которой высота или кривая  $Z(t)$  нормальной плоскости сечения, необходимо, чтобы дисперсия приращений координаты  $Z$  подчинялась соотношению

$$\langle [Z(t) - Z(0)]^2 \rangle = |t|^{2H} \sigma_0^2. \quad (1)$$

Применительно к ЦММР, это выражение можно записать в виде

$$\langle [Z(i) - Z(j)]^2 \rangle = b(d_{ij})^{2H}, \quad (2)$$

где  $d_{ij}$  – расстояние между точками  $i$  и  $j$ ,  $b = f(\sigma_0^2)$  – коэффициент пропорциональности, который зависит от дисперсии «изрезанности» рельефа;  $H$  – показатель Херста (для случайных трехмерных поверхностей он является кофрактальной размерностью).

Аналитическая аппроксимация ЦММР в форме выражения, содержащего показатель  $H$ , позволяет оценить масштабнo-линейные соотношения в плане и по высоте, т.е. когда поверхности самоаффинны и мультифрактальны. Для исследования таких поверхностей предлагается следующий алгоритм.

1. Пусть исследуемая поверхность  $\Omega$  заданна ЦММР.

2. На основе ЦММР строится произвольный профиль  $z = f(x)$ .

3. Выбираем единичный отрезок  $\varepsilon$  и последовательно откладываем его на кривой, фиксируя координаты конца отрезка, получаем множество точек  $P_i(x_i, y_i)$ .

4. Разделяем всю кривую на секции длиной  $n\varepsilon$  ( $n \in \mathbf{N}$ ) и в каждой вычисляем дисперсии:

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2, \quad (3)$$

$$\sigma_z^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2. \quad (4)$$

В общем случае существуют масштабнo-инвариантные соотношения  $\sigma_x \approx n^{k_1 x}$ ,  $\sigma_z \approx n^{k_2 z}$ . Показатели  $k_1$  и  $k_2$  различны и связаны между собой зависимостью  $\sigma_z \approx \sigma_x^H$ , где  $H = k_1 / k_2$  – показатель Херста ( $0 < H < 1$ ).

5. Имея набор секций длиной  $n\varepsilon$  ( $n \in \mathbf{N}$ ) и значения дисперсий по координатам  $x$ ,  $y$ , строится графическая зависимость в дважды логарифмическом масштабе. По одной оси откладываются  $\text{Ln } \sigma_x$ ,  $\text{Ln } \sigma_y$ , а по второй –  $\text{Ln } n$ .

6. Через полученное множество точек проводится ломаная прямая наилучшего приближения, вычисляется угловой коэффициент участков этой прямой и определяется локальная и глобальная фрактальные размерности исследуемого профиля поверхности через показатель Херста.

К. Н. БАРАНОВ

Научный руководитель Е. И. МАРУКОВИЧ, д-р техн. наук, проф.

Государственное научное учреждение

«ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ НАН Беларуси»

Могилев, Беларусь

Известно, что на свойства литых алюминиевых сплавов большое влияние оказывает структура применяемых шихтовых материалов. Как правило, чушковые и вторичные шихтовые материалы имеют грубую неоднородную структуру, что значительно ухудшает качество сплавов. Повысить механические и эксплуатационные свойства силуминов можно применив способ наследственного модифицирования.

Для осуществления процесса наследственного модифицирования использовали цилиндрические отливки диаметром 50 мм и высотой 160 мм из силумина АК18, полученные методом литья закалочным затвердеванием. Микроструктура шихтовых заготовок была представлена кристаллами первичного кремния средней дисперсностью 15 мкм и глобулярными кристаллами эвтектического кремния размером 1–1,2 мкм.

Расплав готовили в электропечи «Snol-1300» в шamoto-графитовом тигле. При температуре 850 °С в расплав вводили заготовки с высокодисперсной структурой в количестве 25, 50 и 100 % от общей массы расплава. Модифицирование примесными модификаторами не производили. Разливку проводили в нагретый до 400 °С съемный захват. Расход воды в стальном водоохлаждаемом стержне был равен 12 м<sup>3</sup>/ч.

Были получены полые заготовки наружным диаметром 110 мм, высотой 80 мм и толщиной стенки 20 мм. Микроструктура отливок без применения наследственного модифицирования была представлена эвтектическим кремнием размером 4 мкм и кристаллами первичного кремния средней дисперсностью 34 мкм. При увеличении добавки в шихту отливок с высокодисперсной структурой от 25 до 100 %, размеры кристаллов эвтектического кремния измельчались до 1,5 мкм, а первичного кремния – 16 мкм.

Таким образом, при использовании в качестве шихты 100 % заготовок с высокодисперсной микроструктурой, наблюдается максимальный эффект наследственного модифицирования кристаллов эвтектического и первичного кремния в отливках из сплава АК18, полученных методом направленного затвердевания на стальном струйно-охлаждаемом стержне наружным диаметром 70 мм.

УДК 669.35:533.924  
ПЛАЗМЕННОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ МЕДИ

А. В. БАСАЛАЙ

Научный руководитель А. П. ЛАСКОВНЕВ, д-р техн. наук, проф.

Государственное научное учреждение  
«ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ НАН Беларуси»  
Минск, Беларусь

Исследования последних лет показали перспективность использования квазистационарных компрессионных плазменных потоков (КПП) для модификации структурного состояния поверхностного слоя материалов путем его легирования атомами других элементов [1]. Легирование поверхностного слоя осуществляется воздействием компрессионных плазменных потоков, генерируемых в атмосфере азота, на систему «покрытие легирующего элемента / материал». Эффективность такого воздействия обусловлена процессами сверхбыстрого нагрева, жидкофазного перемешивания расплава и последующего сверхбыстрого охлаждения поверхностного слоя (скорость до  $10^7$  К/с), что обуславливает диспергирование структуры и формирование метастабильных фаз. Данный способ воздействия позволяет легировать поверхностные слои обрабатываемого материала элементами покрытия и плазмообразующего вещества на глубину до нескольких десятков микрометров.

В данной работе такой способ был использован для улучшения механических характеристик поверхностного слоя меди марки М1 за счет легирования его атомами титана.

Проведенные исследования показали, что легирование атомами титана приводит к увеличению микротвердости в 1,5 раза по сравнению с исходной медью, что связывается с формированием пересыщенного твердого раствора титана в меди и формированием нитрида титана. Легирование также приводит к уменьшению коэффициента трения в 2,5 раза и увеличению износостойкости.

Изменение параметров воздействия, в частности, энергии, поглощаемой поверхностным слоем материала, позволяет изменять структурно-фазовое состояние поверхностного слоя и, тем самым, регулировать его механические характеристики.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Модификация материалов компрессионными плазменными потоками / В. В. Углов [и др.]. – Минск : БГУ, 2013. – 248 с.

УДК 620.179.14

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОБНАРУЖЕНИЮ  
НЕСПЛОШНОСТЕЙ В ОБЪЕКТАХ С ПОМОЩЬЮ  
ВИЗУАЛИЗИРУЮЩЕЙ МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ ПЛЕНКИ

А. В. ШИЛОВ

Научный руководитель В. А. НОВИКОВ, д-р техн. наук, проф.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Установлено, что вид индикаторных рисунков дефектов на визуализирующей магнитные поля пленке при магнитном контроле ферромагнитных объектов, позволяет обнаружить, определить расположение и отличить компактные дефекты от протяженных. Разработана методика обработки цифрового изображения визуализирующей магнитные поля пленки, заключающаяся в построении графиков зависимостей интенсивности окраски по ширине пленки, позволившая количественно определить интенсивность диффузно отраженного светового излучения пленки в зависимости от ее намагниченности. Теоретически и экспериментально установлено, что коэффициент диффузного отражения света на визуализирующей магнитные поля пленке в зоне дефекта при тангенциальном намагничивании объекта изменяется аналогично тангенциальной составляющей магнитного поля в зоне дефекта. Определены условия контроля (стабильная освещенность, фотографирование в приложенном поле, постоянная чувствительность матрицы цифровой камеры, угол наблюдения не больше  $40^\circ$ ), позволяющие найти глубину протяженного дефекта наружной и внутренней поверхности, глубину залегания и диаметр внутреннего дефекта, разработать рекомендации по применению метода для контроля ферромагнитных деталей. Теоретически и экспериментально показано, что максимальное приращение коэффициента диффузного отражения света и расстояние между его минимумами на визуализирующей магнитные поля пленке в зоне индикаторных рисунков дефектов, коррелируют с диаметром внутреннего дефекта и глубиной его залегания соответственно, что впервые позволило по экспериментально построенным номограммам определить диаметр и глубину залегания дефектов. Экспериментально обнаружено, что приближение отверстия, расположенного параллельно поверхности пластины, к наружной по отношению к пленке поверхности приводит к уменьшению максимального приращения коэффициента диффузного отражения света, а приближение к внутренней – к увеличению, что позволило подтвердить наличие областей однозначного и неоднозначного определения диаметра дефекта в пластине.

УДК 621.3  
СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТОЙКОСТИ ИЗОЛЯЦИИ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН, ПИТАНИЕ КОТОРЫХ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ  
ОТ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ

А. А. ЧЕРЕДНИКОВ

Научный руководитель В. А. ЧЕРНЫШЕВ, д-р техн. наук, проф.  
Филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего профессионального образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»  
Смоленск, Россия

В настоящее время при производстве электродвигателей регулировка скорости вращения которых осуществляется изменением частоты питающего напряжения существует проблема качества диагностики изоляции. В процессе эксплуатации электродвигателей, питание которых осуществляется от преобразователей частоты могут возникать импульсы перенапряжений негативно влияющих на изоляцию обмоток электродвигателей. В процессе эксплуатации двигателей в таких условиях становится актуальным вопрос о качественной диагностики изоляции. Для испытания изоляции таких двигателей традиционно применяют метод наложения двух напряжений, имитирующий реальные перенапряжения возникающие в процессе эксплуатации. Данный метод требует монтажа установки воспроизводящей накладываемые переменные и импульсные напряжения, что значительно усложняет процедуру испытания изоляционных промежутков.

В связи с этим, предлагается разработка, совершенствование и использование методов контроля состояния изоляционных промежутков электрических машин методом контроля спектров токов диэлектрической абсорбции. Справедливость данного метода основана на предположении о том, что изоляция электрической машины будет только в том случае выдерживать комбинированное напряжение из переменной и импульсной составляющих, если в ней отсутствуют микротрещины и пустоты с воздушными включениями в которых под действием импульсов может возникнуть частичные разряды в процессе которых разрываются химические связи и происходит расширение микротрещин, что в дальнейшем может привести к пробое изоляции и выходу из строя электродвигателя. Данный метод предполагает возможность анализа состояния изоляционных промежутков по картинам спектра токов диэлектрической абсорбции получаемых в исследуемой изоляции, а так же и длительность оставшегося срока эксплуатации электро-технического устройства в целом. Данный метод, в частности, может быть реализован на основе использования мегомметра С.А 6547, с помощью которого получают информацию об основных закономерностях развития поляризационных процессов.

УДК 621.185.532  
ЛИТЕЙНЫЕ АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ  
С ПОВЫШЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ УСТАЛОСТИ

А. В. БЛОХИН, А. М. ЛОСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Детали современных машин работают в сложных условиях при сочетании как статических, так и динамических нагрузок в широком диапазоне температур. Наряду с материалами, полученными на основе железа, применяются различные алюминиевые сплавы [1]. Более широкое применение таких материалов в настоящее время ограничивается их высокой стоимостью. Изготовление алюминиевых сплавов с использованием вторичного сырья позволяет снизить себестоимость как отдельных деталей, так и машин в целом.

Проблемами, ограничивающими применение таких алюминиевых сплавов, являются их низкие механические характеристики, что объясняется широкими интервалами содержания основных компонентов, значительной загрязненностью неметаллическими включениями и газами, гетерогенностью структуры, наличием грубых включений железосодержащих фаз. В связи с этим, стоит задача повышения качества, а, следовательно, и конкурентоспособности вторичных сплавов.

В данной работе исследована возможность использования термоциклической обработки для повышения усталостных характеристик этих сплавов, что особенно актуально для деталей и узлов, работающих в условиях разного рода динамических нагрузок.

Химический состав испытуемого материала был близок к составу сплава АК9М2. Одна партия образцов подвергалась термообработке Т5, а вторая – термоциклической обработке [2]. Циклическая долговечность определялась при нагружении знакопеременным изгибом.

Результаты усталостных испытаний показали, что предлагаемая термоциклическая обработка существенно повышает усталостную долговечность исследованных материалов (в 1,4–1,7 раза) при сохранении пластичности и прочности материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ефименко, Г. Г.** Сталь и альтернативные материалы. Проблемы экономики и экологии / Г. Г. Ефименко, И. Г. Михеева, Т. Н. Павлышин // *Металл и литье Украины*. – 1997. – № 8–9. – С. 3–8.
2. **Пат. 12582** Респ. Беларусь, МПК<sup>6</sup> С 22 F 1/04. Способ термической обработки литейных алюминиевых сплавов из вторичного сырья: / А. В. Блохин, С. Е. Бельский; заявитель Белорус. гос. технол. ун-т. – № а 20081099; заявл. 21.08.08; опубл. 30.10.09.

Р. А. БОНДАРЕВ, А. С. ПОЛЯКОВА

Научный руководитель М. А. КИРКОР, канд. техн. наук, доц.

Учреждение образования

«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПРОДОВОЛЬСТВИЯ»

Могилев, Беларусь

В настоящий момент интенсивное развитие технологий получения новых материалов и покрытий все чаще подразумевают применение сырья и компонентов представленных в виде тонкодисперсных порошков с размером частиц менее 100 мкм. Данное явление требует развития как оборудования для разделения порошковых систем, так и определение зависимостей, позволяющих получить оптимальные параметры работы данного оборудования. Литературный анализ показывает, что весьма перспективным оборудованием для разделения полидисперсных материалов на фракции в данном интервале являются аэродинамические роторные классификаторы. Однако поддержание процесса разделения в таких аппаратах является весьма сложной и комплексной задачей.

Довольно перспективным является получение комплексной картины процесса посредством проведения многофакторного эксперимента и получения комплексных зависимостей в виде поверхностей отклика и линий равных уровней. На рис. 1 представлены линии равных уровней, характеризующие зависимость качества классификации  $K$  от режимных параметров процесса (расход воздуха  $Q$ ,  $10^3 \text{ м}^3/\text{с}$ , частота вращения ротора  $n$ , об/мин).

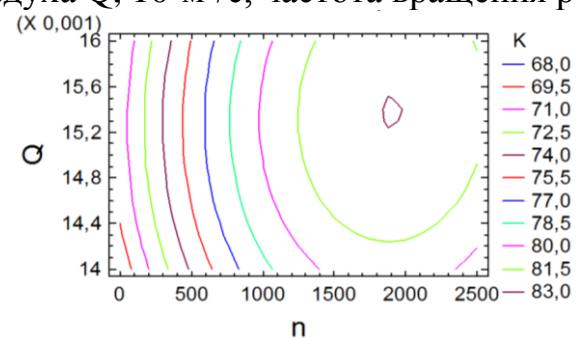


Рис. 1. Линии равных уровней для качества классификации

Из графика видно, что наибольшие значения качества классификации достигаются в интервалах  $Q$  от 0,0156 до 0,0152  $\text{ м}^3/\text{с}$  и частотах вращения от 1850 до 2050 об/мин. Интерпретация зависимостей в данном виде позволяет существенно упростить процесс получения оптимальных параметров работы аэродинамического роторного классификатора.

А. Л. ТРОФИМЕНКОВ, Р. В. КАЛЯКИН, В. С. КАЛЮТЧИК

Научный руководитель В. И. КАРДАКОВ, канд. техн. наук, доц.

Учреждение образования

«ВОЕННАЯ АКАДЕМИЯ Республики Беларусь»

Минск, Беларусь

Применение программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) в современных системах позволяет улучшить ремонтпригодность аппаратуры за счет способности их к реконфигурированию. Возникающие в процессе работы отказы ПЛИС могут быть устранены путем применения алгоритмов перераспределения конфигурационного файла, позволяющих избежать использования отказавших конфигурационных логических блоков (КЛБ). Для восстановления работоспособности ПЛИС существуют различные алгоритмы реконфигурирования, однако у них есть существенный недостаток, связанный с необходимостью учета и перераспределения линий связи, используемых для подключения резервных КЛБ.

Один из возможных способов решения задачи учета и перераспределения заключается в выполнении предварительного учета свободных линий связи. Данный способ основан на представлении внутренней структуры ПЛИС в виде пространственной матрицы 3-го порядка

$$\|A_{i,j,k}\| \quad (i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m; k=1,2,\dots,h),$$

где  $m$  и  $h$  – соответственно количество столбцов и строк, по которым распределены КЛБ в ПЛИС;  $n$  – количество параметров, необходимых для учета внутренней структуры ПЛИС.

Параметр, отвечающий за учет свободных линий связи, привязывается к заданному значению индекса  $i$ . Количественные значения свободных линий связи распределяются по сечению ориентации  $i$ . Распределение значений производится в соответствии с расположением КЛБ, к которому подключены данные линии связи, в сечении ориентации  $i=1$

$$\|A_{i,j,k}\| \quad (i=1; j=1,2,\dots,m; k=1,2,\dots,h).$$

Подбор резервного элемента производится путем сравнения значений строк направлений  $i$  для отказавшего КЛБ и резервного КЛБ, где их расположения фиксируются индексами  $j$  и  $k$  соответственно, а также выполнением условия, при котором количество свободных линий связи резервного КЛБ будет равно или превысит количество задействованных линий связи отказавшего КЛБ.

Е. В. ТИМОЩЕНКО, Ю. В. ЮРЕВИЧ  
Учреждение образования  
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. А. А. Кулешова»  
Могилев, Беларусь

Измерение физических параметров вещества, представленного слоями субмикронной или нанометрической толщины, составляет довольно сложную проблему. Величины оптических параметров поглощения или отражения в спектральной области резонанса атомных диполей дают информацию о концентрации активных центров, нелинейности их отклика на когерентное излучение, спектральной ширине линий. Нелинейность отклика и характерное время его проявления, время релаксации, образующей тонкий слой среды, представляют именно те свойства, которые важны для разработки тонкопленочных пассивных устройств управления потоками излучения. Эти устройства перспективны для применения в компактных оптических элементах, способных функционировать в современных быстродействующих системах передачи и обработки информации.

В предложенном сообщении приведены результаты расчетно-теоретического изучения трансформации характеристик коротких световых импульсов, отражаемых тонкими слоями сред, которые представляют собой наноразмерные структуры на основе используемых в оптике или лазерной физике полупроводников. Для таких сред характерна высокая концентрация активных центров (экситонных образований), нелинейная реакция которых высока в ближней инфракрасной области спектра. В нелинейной оптике подобные среды именуют плотными резонансными. Несущая частота зондирующих субнаносекундных импульсов, высвечиваемых инжекционными лазерами, считалась близкой к резонансу.

Расчёты показали, что вклад поверхностной резонансной и квазирезонансной поляризации в световое поле отраженных импульсов приводит к эффективному изменению их формы. На фронтах возникают модуляционные всплески сверхизлучательной природы, обычно регистрируемые как сдвоенные импульсы. Должна проявляться также более высокочастотная модуляция, возникающая как следствие нелинейных фазовых эффектов. Картина модуляции (ее структура и частота) имеет выраженную зависимость от уровня ненасыщенного резонансного поглощения и времени релаксации возбужденных состояний частиц. Это дает возможность оценки и измерения плотности активных центров в пленках, времени переключения режимов нелинейного отражения или пропускания излучения.

И. А. ГОРАВСКИЙ  
Научный руководитель А. К. ГАВРИЛЕНЯ, канд. техн. наук, доц.  
Учреждение образования  
«БАРАНОВИЧСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Барановичи, Беларусь

Размол в валковых мельницах твердых материалов по схеме силового воздействия на обрабатываемый материал и технике исполнения аналогично прокатке твердых материалов с целью их формования и уплотнения в заготовки-полуфабрикаты. При выполнении условий процесса обрабатываемый в толстом слое твердый материал подвергается стабильному силовому воздействию, что обеспечивает деформацию и полное или избирательное измельчение его частиц.

В результате теоретических исследований определена величина среднего напряжения, вызывающего деформацию и разрушение кусков твердого материала:

$$\sigma = \frac{(\sigma_s - 2c \cos \varphi) \nu_\sigma}{2 \sin \varphi}, \quad (1)$$

где  $\sigma_s$  – физический предел текучести беспористого материала;  $c$  – сцепление кусков (сопротивление сдвигу при нормальном к поверхности сдвига напряжении равном 0);  $\varphi$  – угол межчастичного трения;  $\nu_\sigma$  – относительная плотность.

Введенная в числитель (1) величина относительной плотности кускового материала  $\nu_\sigma = \rho_\sigma / \rho$ , учитывает реальную площадь сечения дробимого материала.

Непрерывность процесса и стабильность энергосилового воздействия на обрабатываемый в валках материал обуславливает сравнительно низкую удельную энергоёмкость размолла при высокой производительности, определяемой плотностью  $\rho$ , толщиной полос  $h$ , диаметром и длиной бочки валков  $B$  и скоростью прокатки  $v$   $Q = \rho h B v$ . Обрабатываемый в толстом слое материал имеет ограниченный с поверхностью бочки валков контакт, что уменьшает их износ и загрязнение продуктов дробления даже при обработке сверхтвердых материалов [1].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ложечников, Е. Б.** Прокатка в порошковой металлургии / Е. Б. Ложечников. – М. : Металлургия, 1987. – 185 с.

УДК 666.754  
ПРИМЕНЕНИЕ ОТСЕВОВ И МЕТАДИАБАЗА В ПРОИЗВОДСТВЕ  
ПЛИТОК ТИПА «ГРЕС»

Н. Н. ГУНДИЛОВИЧ  
Научный руководитель И. А. ЛЕВИЦКИЙ, д-р техн. наук, проф.  
Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Целью работы является исследование возможности использования гранитных отсевов или метадиабаз в производстве плиток для полов типа «грес».

Основными сырьевыми компонентами при производстве являются: глина «ДН-2», глина Веско-Техник, полевой шпат вишневогорский, каолин глуховецкий, каолин жежелевский, песок кварцевый, гранитоидные отсевы – отходы камнедробления гранитов или метадиабаз – магматическая горная порода. Сырьевые компоненты подвергались совместному мокрому помолу в шаровой мельнице до остатка на сите №0063 1–2 %. Из суспензии получали пресс-порошок с влажностью 6–8 %. Формование образцов осуществлялось на гидравлических прессах. Обжиг производился при температуре  $1180 \pm 10$  °С в течение 50 мин в промышленной газопламенной конвейерной печи FMS 2500/113,4 (Италия).

Значения водопоглощения для образцов на основании гранитоидных отсевов находятся в интервале 0,44–0,67 % для образцов, полученных с использованием метадиабаз, значения водопоглощения составили 0,43–0,68 %. Исходный состав, содержащий только полевой шпат, имеет водопоглощение 0,43 %. Требованиям стандарта удовлетворяют только составы с содержанием гранитных отсевов не более 5,5 % или метадиабаз не более 11 % (водопоглощение менее 0,5 %).

Механическая прочность образцов проводилась на прессе марки ИП-100. Значения механической прочности при изгибе образцов, полученных с использованием гранитоидных отсевов составили 25,96–26,71 МПа, при введении метадиабаз – 25,87–26,67 МПа. Исходный состав имеет механическую прочность при изгибе 27,04 МПа.

Замещение импортируемого полевого шпата вишневогорского на местные гранитные отсевы или метадиабаз позволит снизить затраты на производство керамической плитки типа «грес». Однако среди исследуемых масс соответствие требованиям стандарта обеспечивают составы с содержанием гранитных отсевов или метадиабаз в количестве 5,5 и 11 % соответственно. Использование данных добавок не приведет к существенному изменению технологического режима получения плиток.

УДК 608.2  
ТЕХНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА  
ОЗОНИРОВАННОЙ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

С. В. СИВЕНКОВА  
Научный руководитель М. Г. КУЛИКОВА, канд. техн. наук, доц.  
Филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего профессионального образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»  
Смоленск, Россия

В настоящее время озонирование воды является эффективным способом очистки воды, в результате которого происходит тщательная и многоуровневая очистка молекул воды без каких-либо негативных явлений. В филиале «МЭИ» в г. Смоленске разработана схема получения питьевой воды высшего качества, важным элементом которой является система озонирования. Одним из вопросов, решение которых необходимо для внедрения данных схем на производство, является контроль процесса озонирования.

Для контроля параметров и автоматического регулирования процесса синтеза озона применяются различные электроизмерительные приборы и приборы технологического контроля. Для контроля содержания озона в воде станции водоподготовки снабжают различного типа анализаторами, действие которых основывается на методах вольтамперметрии, спектрофотометрии и хемилюминесценции.

В анализаторах, основанных на принципе вольтамперметрии и включающих поляризованные гальванопары, производится сравнение сигналов изменения силы тока при пропуске через электроды воды до и после озонирования, т.е. когда окислителем осуществляется деполяризация электродов. Озонометром, построенном на базе газоанализатора ртутных паров, контролируют концентрацию озона в озono-воздушной смеси. Принцип действия его основан на свойстве озона поглощать ультрафиолетовые лучи.

Наиболее эффективным является анализатор, основанный на принципе спектрофотометрии, основным недостатком которого является достаточно высокая стоимость оборудования. Озонирование воды имеет множество достоинств: озон уничтожает все известные микроорганизмы; удаляет неприятные запахи и привкус; вырабатывается на месте, не требует хранения и перевозки; озон действует очень быстро – в течение секунд; быстрее, чем другие дезинфекторы, уничтожает микроорганизмы. Поэтому применение озона в технологиях очистки питьевых вод имеет растущие перспективы.



О. С. СЕРГЕЕВА

Научный руководитель А. Р. БАЕВ, д-р техн. наук, проф.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Государственное научное учреждение  
«ИНСТИТУ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»  
Могилев, Минск, Беларусь

Обращено внимание на возможность применения преобразователей волны Рэлея (ПАВ) для ультразвукового контроля объектов с технологическими выступами и выявления дефектов, расположенных в их объеме. Это достигается за счет эффекта трансформации ПАВ на выступе в поперечную вертикально поляризованную моду ( $T_E$ ) и ее рассеяние. На основе теоретических положений Викторова выполнен анализ особенностей преобразования ПАВ в объемные моды и формирование акустического поля  $\Phi_T(\alpha)$  в объеме образца с выступом, имеющим радиусный переход  $R \gg \lambda_{ПАВ}$ , где  $\lambda_{ПАВ}$  – длина ПАВ.

Расчеты, выполненные согласно предложенной теоретической модели в области углов приема  $T_E$  волны  $60^\circ > \alpha > (10-15)^\circ$  находятся в соответствии с данными эксперимента ( $\sim 1 - 2$  дБ). Согласно предложенной модели производился учет поля сопутствующей подповерхностной моды  $\Phi_{TS}(\alpha)$ , возбуждаемой преобразователем одновременно с излучаемой ПАВ. Установлено, что в области  $\alpha < 0$  результирующее поле поперечной моды  $\Phi_T(\alpha)$  в объеме исследуемых образцов с  $R_\lambda = R/\lambda_{ПАВ} = 0$  и наличием радиусного перехода имеет осцилляционный вид, обусловленный суперпозицией поля сопутствующей  $\Phi_{TS}$  и краевой  $\Phi_{TE}$  моды. В отсутствие радиусного перехода  $\Phi_T(\alpha)$  имеет ярко выраженный минимум в окрестности  $\alpha_m$ , возрастающий по линейному закону в диапазоне углов выступа  $\gamma = 0 - \pi/2$ . На основе исследований было обнаружено, что этот эффект обусловлен взаимодействием преимущественно двух краевых мод. Одна из них трансформируется из ПАВ и рассеивается в области сопряжения внутренней грани выступа с его контактной поверхностью, а вторая – отходящая под углом  $33^\circ$  к нормали внутренней грани выступа поперечная волна. Получены данные по влиянию радиуса кривизны выступа на коэффициент преобразования ПАВ в объемные моды. Представлены результаты исследования влияния высоты расположения искусственных вертикально ориентированных плоскодонных дефектов на амплитуду эхо-сигнала поперечной моды, трансформированной из поверхностной волны на радиусном переходе выступа, показавшие высокую эффективность применения ПЭП волны Рэлея в качестве первичного источника зондирующего сигнала для контроля объектов с технологическими выступами.

Е. И. ДЕРМАН

Научный руководитель В. М. БЛАГОДАРНЫЙ, д-р техн. наук, проф.  
Учреждение образования  
«БАРАНОВИЧСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Барановичи, Беларусь

Использование отходов в качестве вторичных материальных ресурсов решает ряд важных задач, таких как экономия основного сырья, предотвращение загрязнения водоемов, почвы, воздушного бассейна и др.

Разработанная и изготовленная роторная мельница способна измельчать как твердые так и пластичные материалы.

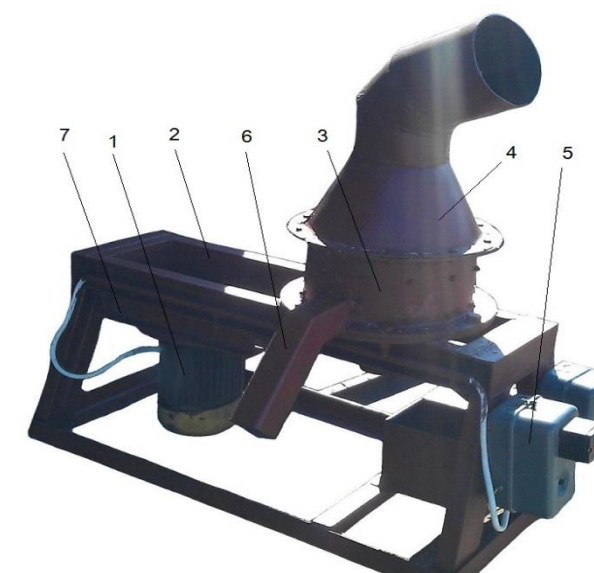


Рис. 1. Роторная мельница: 1 – фланцевый электродвигатель; 2 – станина; 3 – корпус дробилки; 4 – загрузочный бункер; 5 – пусковое устройство электродвигателя; 6 – выгрузной желоб; 7 – натяжное устройство

В основу теории роторной дробилки ударного резания положена теория удара двух тел. Во время столкновения двух тел происходит удар, вызывающий в телах напряжения, изменяющиеся не только в зависимости от геометрии тел, но и от времени их столкновения. В результате напряжений, превышающих допустимые, происходит разрушение тел.

В процессе соударения ножей дробилки и измельчаемого продукта последний приобретает ускорение и будет двигаться с большей скоростью, чем нож, пока не задержится одним из неподвижных ножей, закрепленных на внутренней поверхности корпуса дробилки.

УДК 621.74:517.977  
ПОЛУЧЕНИЕ ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ СВИНЦОВЫХ ДЕТАЛЕЙ И  
ЛИСТОВ ДЛЯ ПРИБОРОВ И СРЕДСТВ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ

П. Ю. ДУВАЛОВ  
Научный руководитель Е. И. МАРУКОВИЧ, д-р техн. наук, проф.  
Государственное научное учреждение  
«ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ НАН Беларуси»  
Могилев, Беларусь

Свинец является одним из основных материалов, применяемых для защиты от радиационного излучения. В Республике Беларусь ежегодно для производства средств радиационной защиты потребляется примерно 29 тонн свинца, который на сумму около 5 миллионов российских рублей импортируют из России, так как в республике отсутствует производство чушкового свинца. Поэтому актуальной задачей являлось изготовление деталей и листов для радиационной защиты из свинцового лома, заготовливаемого в Республике Беларусь.

С учетом особенностей свинцового лома и требований, предъявляемых к свинцу, как литейному материалу, создана технология переработки свинцового лома с целью получения расплава свинца необходимого химического состава. В результате, при переработке лома, состоящего из свинцовой кабельной оболочки с остатками бумажной изоляции и битумной гидроизоляции, выход годного составил около 86 %, а при переработке лома ролльного свинца – около 83 %.

Для определения конструкции кокиля, обеспечивающей оптимальные условия охлаждения, затвердевания и питания отливки в процессе ее формирования, на основе экспериментальных данных проведено компьютерное моделирование теплообмена между отливкой и формой. По его результатам определены режимы литья, условия теплообмена и параметры кокилей для получения опытных партий отливок свинцовых защитных блоков.

Также на основе компьютерного моделирования были определены оптимальные параметры для литья свинцовых заготовок листов различной толщины. В частности начальная температура изложницы должна находиться в пределах от 80–110 °С, а заливаемого расплава – 380–400 °С. Во избежание коробления формируемой отливки в начальный период затвердевания необходимо нанесение на рабочую поверхность стальной изложницы слоя коллоидно-графитовой краски толщиной 0,2 мм. На основе полученных результатов изготовлены экспериментальные изложницы для литья заготовок под прокатку свинцовых листов.

Получены опытные образцы свинцовых рядных и угловых блоков, а также листов толщиной от 1 до 3 мм, изготовлены опытные партии.

УДК 621.317.023  
МОДЕЛИРОВАНИЕ АПЕРИОДИЧЕСКОГО ЭКРАННОГО  
ВИХРЕТОКОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

В. А. СВЕТЛИЧНЫЙ, Ю. Н. ОНИЩЕНКО  
Научный руководитель Ю. Е. ХОРОШАЙЛО, канд. техн. наук, доц.  
«ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
Харьков, Украина

Одним из наиболее важных элементов вихретоковой аппаратуры неразрушающего контроля промышленных изделий является вихретоковый преобразователь (ВТП).

Недостатком в существующей теории аперiodических экранных ВТП является отсутствие анализа влияния на характеристики преобразования внутреннего сопротивления источников питания и параметров нагрузки. В действительности же контролируемый объект, помещенный в измерительный зазор ВТП, вносит в возбуждающую катушку некоторый импеданс, который в зависимости от параметров системы может в широких пределах изменять нагрузку на источник питания. Аналогично и измерительная обмотка вносит дополнительный импеданс в возбуждающую обмотку. Степень этого влияния существенно зависит от внутреннего импеданса источника питания и импеданса нагрузки.

Проведен анализ физико-математической модели взаимодействия ВТП с тонкой ферромагнитной пленкой, содержащей дефект. Результаты анализа аперiodического экранного ВТП можно сформулировать следующим образом:

- общее аналитическое выражение для функции преобразования аперiodического ВТП имеет сложную структуру, поэтому для ее анализа рассматривались частные случаи (режим холостого хода, режим идеального генератора тока, режим идеального генератора напряжения и др.);
- выбором соответствующих значений коэффициента связи и добротности контуров ВТП можно получить более высокую чувствительность измерений;
- для выделения полезной информации о контролируемых значениях тонких ферромагнитных пленок предпочтительнее использовать фазовый метод вихретокового контроля;
- оптимизацию параметров можно достичь соответствующим выбором необходимых значений коэффициента связи, расстояния от торца возбуждающей катушки, ее добротности и, наконец, выбором источника питания с требуемым внутренним сопротивлением.

С. О. ПАРАШКОВ

Научный руководитель А. Б. СОТСКИЙ, д-р физ.-мат. наук, проф.

Учреждение образования

«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

им. А. А. Кулешова»

Могилев, Беларусь

Возбуждение волноводных мод посредством призмы связи является распространенным способом неразрушающего контроля параметров тонких пленок и приповерхностных областей сред. Решение соответствующих обратных оптических задач предполагает обработку угловой зависимости отражательной способности призмы связи методом наименьших квадратов. Успех такой обработки определяется корректностью теоретической модели исследуемой структуры. В настоящей работе впервые рассмотрена модель такого рода, учитывающая многократные отражения возбуждающего лазерного пучка на гранях призмы связи. Исследование выполнено с учетом вращения призмы связи, реализуемого в автоматизированной установке Model 2010/M Prism Coupler, выпускаемой серийно Metricon Corporation.

В работе методами аналитической геометрии сформулирован алгоритм расчета пространственной траектории луча, испытывающего произвольное конечное число последовательных отражений на гранях призмы связи. Отражательная способность призмы связи находится путем перемножения коэффициентов отражения и прохождения плоских волн для каждой из граней, при этом коэффициент отражения от основания призмы, контактирующего с исследуемой волноводной пленкой, рассчитывается с учетом туннелирования излучения через буферный слой.

Выполнено численное исследование угловых зависимостей отражательной способности призмы связи для волн s и p поляризации при призмном возбуждении конкретных волноводных пленок. Установлено, что стандартный алгоритм решения обратной оптической задачи, не учитывающий эффект многократных отражений света в призме связи, эффективен только при восстановлении толщин и показателей преломления пленок, а при восстановлении коэффициентов поглощения пленок он приводит к заметным погрешностям. Предложен способ минимизации данных погрешностей, основанный на введении в целевую функцию стандартного алгоритма дополнительного варьируемого множителя. Эффективность этого приема подтверждена вычислительными экспериментами.

А. Ю. ИЗОБЕЛЛО, А. В. БАСАЛАЙ

Научный руководитель А. П. ЛАСКОВНЕВ, д-р техн. наук, проф.

Государственное научное учреждение

«ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ НАН Беларуси»

Минск, Беларусь

В настоящее время средства индивидуальной бронезащиты (СИБ) в виде бронезилетов являются неотъемлемым элементом современной боевой экипировки. Известно [1], что прочность среднелегированных сталей, применяемых для производства брони, достигается в результате закалки на мартенсит и низкотемпературного отпуска. Одним из важных вопросов при решении такого рода задач является установление предела оптимального упрочнения материала, определение максимального уровня прочности, до которого можно упрочнить данный материал легированием, термической и другими видами обработки, не потеряв при этом запаса пластичности и вязкости. В связи с этим цель работы – исследование микроструктуры и твердости броневой стали для определения оптимальных параметров термомеханической обработки.

Определение оптимальных режимов термомеханической обработки пластин толщиной 2,5 мм из броневой стали осуществлялось варьированием температуры закалки, времени выдержки в печи и среды охлаждения. Отпуск образцов производился по одному режиму.

Таким образом, опираясь на результаты световой микроскопии и анализа твердости обработанных образцов, наиболее предпочтительным режимом термообработки броневой стали является закалка при температуре 900 °С с ускоренным охлаждением, т.к., в данном случае, структура мельче и не успевают выпасть хрупкие карбидные фазы. Размер зерна для данного режима обработки составил 15–30 мкм, а среднее значение твердости – 52 HRC. Для всех режимов твердость (HRC) фактически не изменяется и составляет от 48,3 до 52,3. Для более детального обоснования выбора режимов требуются дополнительные исследования такие как: испытание на разрыв, ударную вязкость и т.д.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концептуальные основы создания средств индивидуальной защиты. Часть 1. Бронезилеты / В. И. Байдак [и др.]. – М. : Межакадемическое издательство «Вооружение. Политика. Конверсия», 2003 – 340 с.

О. В. КИЧКАЙЛО

Научный руководитель И. А. ЛЕВИЦКИЙ, д-р техн. наук, проф.

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

Минск, Беларусь

В настоящее время термостойкая посуда пользуется повышенным спросом на мировом рынке, а ее производство является перспективным и экономически целесообразным. По сравнению с аналогичными видами продукции, изготавливаемыми из алюминия и чугуна, керамические изделия являются более конкурентоспособными ввиду безвредности их составов, а также экологической чистоты производства. В связи с этим целью настоящей работы является разработка керамических масс для получения термостойких изделий бытового назначения.

Исследования по синтезу составов масс проводились на основе широкой области литийалюмосиликатной системы вдоль линии составов эвкриптита, сподумена и петалита. В качестве исходных компонентов использовались просяновский каолин, огнеупорная глина «Керамик-Веско», кварцевый песок, технический глинозем и карбонат лития.

Приготовление масс осуществлялось по шликерной технологии методом совместного мокрого помола всех составляющих до остатка на сите № 0063 К в количестве 1–2 %. Литые изделия производилось в гипсовые формы сливным способом. Высушенные образцы подвергались обжигу в электрической печи при температурах 1100–1200 °С с выдержкой при конечной температуре в течение 1 ч.

Синтезированные керамические материалы характеризовались следующими физико-химическими свойствами: водопоглощение – 2,1–31,0 %, открытая пористость – 3,4–41,9 %, кажущаяся плотность – 1350–1900 кг/м<sup>3</sup>, ТКЛР – от минус  $7,2 \cdot 10^{-7}$  до плюс  $71,1 \cdot 10^{-7}$  К<sup>-1</sup>, термостойкость – более 100 теплосмен.

При изучении фазового состава термостойкой керамики установлено, что он представлен твердыми растворами β-сподумена и β-эвкриптита с α-кварцем, а также муллитом, метасиликатом лития, корундом и кристобалитом.

Полученные данные свидетельствуют о перспективности и целесообразности использования материалов данной системы, что обеспечивает возможность получения термостойких изделий бытового назначения.

Д. В. ОМЕСЬ

Научный руководитель А. В. ДРАГАН, канд. техн. наук, доц.

Учреждение образования

«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Брест, Беларусь

Одним из наиболее распространенных механизмов в машинных агрегатах является зубчатая передача. В результате воздействия переменных сил, обусловленных изменением во времени параметров зацепления зубьев в передаче, возникают шум и вибрация. Существуют некоторые закономерности характера изменения виброакустического сигнала при нарушениях в работе зубчатых механизмов.

Вибрацию зубчатой пары можно описать наличием характерных дискретных составляющих спектра и их соотношений, изменяющихся с развитием деградационных процессов в передаче. Появление и развитие дефектов контактирующих поверхностей отражается как на частотах пересопрежения зубьев  $f_z = z f_0$  и их гармониках  $m f_z$ , так и на модуляционных частотах  $m f_z \pm k f_0$  в окрестности зубцовых гармоник, где  $z$  – число зубьев колеса,  $m$  и  $k = 1, 2, \dots$ ,  $f_0$  – частота вращения колеса (рис. 1).

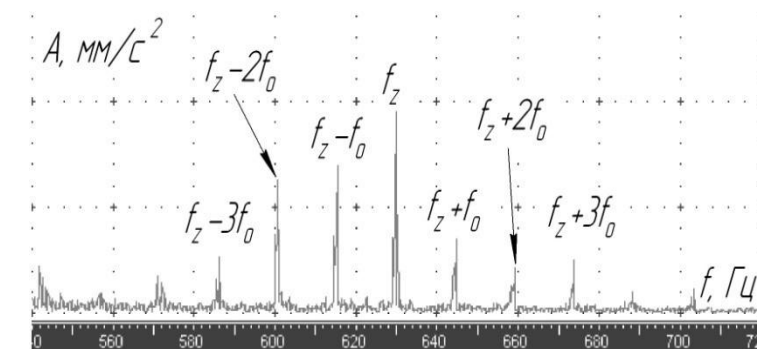


Рис. 1. Спектр модулированного сигнала

Оказывается, что информативными составляющими виброакустического сигнала чаще всего являются не амплитуды основных частот возбуждения, а их «окраска», т.е. глубина фазовой или амплитудной модуляции, соотношение между амплитудами гармоник, фазовые соотношения и другие параметры.

На основе анализа виброакустических сигналов, полученных при работе многозубчатого привода, предложена методика определения критерия, характеризующего глубину модуляции, на основе которого можно судить о наличии дефектов у зубчатых колес.

Ю. А. МЕЛЬНИК, И. А. ГРИБОК, И. Н. ДРОЗД  
«ЛУЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Луцк, Украина

При фотограмметрической обработке микроснимков шероховатых поверхностей необходима идентификация точек интереса стереопар. С этой целью для каждой из точек интереса окна, что рассматривается на левом изображении, с координатами  $(x_{l0}, y_{l0})$  относительно центра находят кандидаты для отождествления среди точек интереса соответствующего окна на правом изображении, употребляя при этом отсеивание на основе порогового принципа.

Так, точка интереса окна правого изображения с координатами  $(x_{r0}, y_{r0})$  относительно центра рассматривается как кандидат для отождествления с точкой  $(x_{l0}, y_{l0})$ , если выполняются неравенства:

$$|x_{l0} - x_{r0}| < X_{\text{порог}}, |y_{l0} - y_{r0}| < Y_{\text{порог}},$$

где  $X_{\text{порог}} = 3$ ,  $Y_{\text{порог}} = 1$ .

Возможны варианты, когда, для данной точки интереса не отыщется ни одного кандидата для отождествления, или таких кандидатов окажется несколько. В таком случае, для каждой пары точек рассчитывается коэффициент корреляции функции уровня серого. Пара точек интереса, для которой этот коэффициент окажется самым наибольшим, принимается отождествленной.

В тех областях изображений, где отождествленных точек мало или они расположены редко, проводится приблизительная идентификация. Она состоит в следующем.

Для точки  $(x_l, y_l)$  левого изображения находится самая близкая к ней отождествленная точка этого же изображения  $(x_{ol}, y_{ol})$ . Тогда, если точка  $(x_{ol}, y_{ol})$  отождествляется с точкой  $(x_{or}, y_{or})$  правого изображения, то есть  $(x_{ol}, y_{ol}) \mapsto (x_{or}, y_{or})$ , то точка  $(x_l, y_l)$  с точкой  $(x_{l+(x_{or}-x_{ol})}, y_{l+(y_{or}-y_{ol})})$ , то есть  $(x_l, y_l) \mapsto (x_l + (x_{or} - x_{ol}), y_l + (y_{or} - y_{ol}))$ . Эта процедура позволяет более или менее равномерно заполнить все изображение отождествленными точками.

Получив таким образом список идентифицированных точек, проводят проверку глобальной целостности. После такого просеивания пары отождествленных точек переносятся на следующий уровень иерархической пирамиды, где они рассматриваются как начальные аппроксимации.

Подобная процедура проводится до тех пор, пока не будет достигнут последний уровень иерархической пирамиды.

О. В. КИЧКАЙЛО, А. Н. ШИМАНСКАЯ  
Научный руководитель И. А. ЛЕВИЦКИЙ, д-р техн. наук, проф.  
Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Наличие в гальванических отходах значительного количества оксидов железа в совокупности с другими красящими оксидами –  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{ZnO}$  – может оказывать положительное влияние на процессы стеклообразования и создает предпосылки для получения глазурей широкой цветовой гаммы, преимущественно коричневых тонов. В связи с этим представляет практический интерес исследования возможности использования в качестве окрашивающего компонента при синтезе цветных глазурей железосодержащих осадков сточных вод ПО «Минский тракторный завод» (МТЗ).

Синтез полуфриттованных глазурных покрытий производился в системе сырьевых компонентов: осадок МТЗ, доломит, алюмоборосиликатная фритта, кварцевый песок, технический глинозем, цинковые белила и глина огнеупорная. Количество вводимого отхода определялось из содержания  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и составляло 15–27 мас. %. Глазурный шликер готовился совместным мокрым помолом и наносился на образцы керамических плиток с помощью фильер. Обжиг осуществлялся в газопламенной печи при температуре  $1150 \pm 10$  °С в течение  $50 \pm 5$  мин в производственных условиях ОАО «Керамин» (г. Минск).

Проведенные исследования физико-химических свойств синтезированных глазурей показали, что микротвердость составляет 5430–9150 МПа, ТКЛР находится в интервале  $(63,0-66,1) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ , блеск – 13–71 %. При содержании отходов 15–23 мас. % цвет покрытий рыже-коричневый, увеличение их содержания обуславливает окраску до темно-коричневых тонов. По данным рентгенофазового анализа основными кристаллическими фазами в глазурях являются гематит, маггемит, магнетит и анортит.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что использование железосодержащих осадков сточных вод МТЗ позволяет не только утилизировать образуемые отходы, но и заменить дорогостоящие пигменты при производстве глазурей для декорирования плиток для полов с требуемыми эксплуатационными характеристиками.

С. В. КОНСТАНТИНОВ

Научный руководитель Ф. Ф. КОМАРОВ, д-р физ.-мат. наук, проф.

Научно-исследовательское учреждение  
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ  
им. А. Н. Севченко» БГУ  
Минск, Беларусь

Изучены закономерности изменения структуры, фазового и элементного состава, а также эксплуатационных свойств наноструктурированных покрытий на основе нитрида титана при добавке третьего элемента на различных типах подложек. Покрытия наносили методом контролируемого реактивного магнетронного распыления. Установлены особенности проявления свойств покрытий на различных типах подложек, даны возможные объяснения наблюдаемым эффектам.

Сформированные структуры изучали с помощью комплекса взаимодополняющих методов: резерфордского обратного рассеяния ионов гелия, просвечивающей электронной микроскопии, рентгеноструктурного фазового анализа, трибомеханических испытаний.

Установлено, что добавка алюминия в покрытие нитрида титана, путем совместного распыления данных компонент в единой мишени, существенно изменяет структуру и эксплуатационные свойства покрытия. Алюминий в составе покрытия не образуя отдельной выделенной фазы, находится в состоянии твердого раствора замещения в нитриде титана, образуя комплексный нитрид (Ti, Al)N с гранецентрированной кубической кристаллической решеткой. Твердость покрытия TiAlN при содержании Al 50 % составила 52880 МПа, при содержании Al 25 % – 28070 МПа. Результаты наноиндентирования свидетельствует о высокой упругости покрытия и его преимущественно вязком характере разрушения под действием нагрузки. Факт сильного уширения дифракционных пиков на картинах дифракций электронов свидетельствует о наноструктурированности покрытий. Этот вывод подтверждается результатами рентгеноструктурного фазового анализа. Рассчитанный размер кристаллитов покрытия составил величину 5 нм.

Оптимизирован режим реактивного магнетронного нанесения покрытия TiAlN.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о значительной перспективности промышленного применения данных покрытий.

\*В. Н. МЕЛЬНИК, В. В. БОЖИДАРНИК, А. Ю. СМОЛА  
\*«ВОСТОЧНОЕВРОПЕЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. Леси Украинки»  
«ЛУЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Луцк, Украина

Морфометрический анализ ЦММР предлагается дополнить вычислением объемов микрокаверн микро рельефа двумя методами.

Метод призм (рис. 1, а, б). Подсчет объема ЦММР рельефа с углублениями – триангулированием. Объем углублений – пространство между ЦММР и некоторой условной поверхностью – плоскостью вида  $Z=const$ . Для каждого углубления ЦММР определяются: набор точек, непосредственно его задающий; набор элементарных треугольников поверхности углубления, описываемый точками  $P_i(x, y, z)$ ;  $P_j(x, y, z)$ ;  $P_k(x, y, z)$ . Объем, образованный элементарным треугольником поверхности и плоскостью вида  $Z=const$ , в границах каждой треугольной призмы:

$$V_i = S_i h_{i_{cp}}, \quad (1)$$

где  $S_i$  – площадь основы, с координатами вершин  $P_1(x, y, z)$ ;  $P_2(x, y, z)$ ;  $P_3(x, y, z)$ ,  $S_i = 1/2 \sum \Delta X_i (\Delta Y_{i+1} - \Delta Y_{i-1})$ ;  $h_{i_{cp}}$  – среднее превышение точек поверхности элементарных треугольников над плоскостью  $Z=const$ .

Полный объем равняется сумме элементарных объемов.

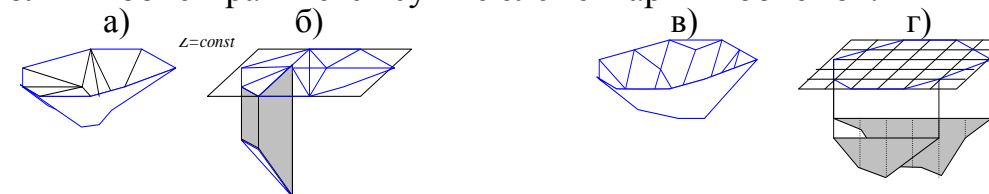


Рис. 1. Пример ЦММР рельефа для подсчета объема методами: а – призм с углублением; б – выделения элементарной призмы; в – вертикальных сечений с углублением; г – выделения элементарных сечений

Метод вертикальных сечений (рис. 1, в, г). ЦММР – на регулярной сетке с шагами по координатам  $d$  и  $L$ . Объем углублений – между ЦММР и плоскостью вида  $Z=const$ :

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_k = \frac{S_1 + S_2}{2} L_1 + \frac{S_2 + S_3}{2} L_2 + \dots + \frac{S_k + S_{k+1}}{2} L_k, \quad (2)$$

где  $S_1, S_2, \dots, S_{k+1}$  – площади вертикальных сечений между ЦММР и плоскостью  $Z=const$ ;  $L_1, L_2, \dots, L_k$  – расстояния между равными соседними сечениями.

Тогда:

$$V = \sum_{i=1}^k V_{\text{сеч}} = L/2(S_1 + 2S_2 + \dots + 2S_k + S_{k+1}) = L \sum_{i=2}^k S_i + L/2(S_1 + S_{k+1}). \quad (3)$$

Площади поперечных сечений  $S_i$  на профилях – сумма площадей трапеций, основы которых – расстояния от точек ЦММР до условной поверхности:

$$S = F_1 + F_2 + \dots + F_n \quad (4)$$

$$F_i = h_{cp}, \quad (5)$$

где  $h_{cp}$  – средняя линия элементарной трапеции;  $d$  – шаг регулярной сетки.

И. В. КРЕСКИЯН

Научный руководитель М. Г. КУЛИКОВА, канд. тех. наук, доц.  
Филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего профессионального образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»  
Смоленск, Россия

В настоящее время в России применяются сертифицированные методики (ГОСТ, ИСО, ПНД Ф) определения химического состава питьевой воды. Проведение точного анализа осуществляется в специальных химических лабораториях и требует наличия высококвалифицированного персонала и высоких материальных затрат.

Однако следует отметить, что существуют приборы, предназначенные для точного анализа качества питьевой воды, применяемые в производственных условиях.

Для титрометрического анализа применяются автоматические титраторы (например, титратор DL22F&B), специально разработанные для использования в пищевой промышленности. С их помощью можно реализовать более 20 методов, для большинства типов титрометрических анализов продуктов питания и напитков.

Фотометры являются комплексным средством измерения. Данные приборы оснащены множеством дополнительных функций, которые увеличивают область и частоту применения: все данные могут быть обработаны на компьютере; приборы поставляются в комплекте со специальным программным обеспечением, облегчающим обработку данных и минимизирующим количество ошибок. Существует возможность использования приборов в передвижных лабораториях и непосредственно на производстве. Фотометры отличаются простотой и удобством использования и высокой точностью получаемых данных.

Основным прибором, применяемым для флуориметрии, является ФЛЮОРАТ-02-3М, отличительными особенностями которого являются: высокая селективность; широкая номенклатура определяемых показателей; минимизация продолжительности измерений и расхода реактивов; многофункциональность; мобильность.

В настоящее время предприятия, выпускающие напитки и питьевую воду чаще всего прибегают к услугам специализированных аттестованных лабораторий для реализации программы производственного контроля, что требует регулярных финансовых вложений, однако использование современных приборов для текущего контроля дает возможность стабилизировать качество производимой продукции без дополнительных затрат.

И. А. КОРНЕЕВА

Научные руководители: И. В. ТЕРЕШКО, канд. физ.-мат. наук, доц.;  
А. В. ХОМЧЕНКО, д-р физ.-мат. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

В настоящее время ведутся активные работы по исследованию свойств полупроводниковых материалов, в частности физико-химических процессов, происходящих как в объеме, так и на поверхности кремния. Так на основе поликристаллического кремния получают слои, которые используются в интегральных конденсаторных структурах (элементы динамической памяти DRAM), микроэлектромеханических системах (MEMS), тонкопленочных транзисторах, жидкокристаллических дисплеях, солнечных элементах, фотоприемниках, излучателях, светодиодах (нанокристаллический кремний). В настоящей работе представлены результаты исследования оптических характеристик кремниевых подложек (КДБ), модифицированных в плазме тлеющего разряда, и их зависимости от технологических режимов модификации. В качестве метода измерения использован неразрушающий бесконтактный метод, основанный на регистрации угловой зависимости коэффициента отражения лазерного излучения. На рис. 1 представлен результат таких измерений для исходного (кривая 1) и модифицированного кремния (кривая 2).

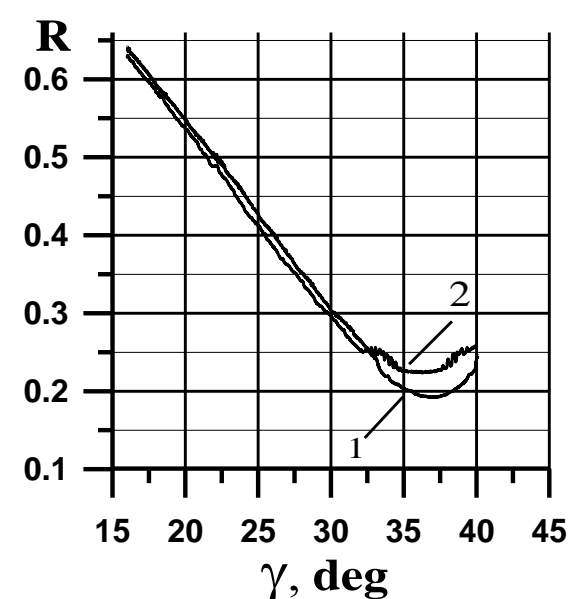


Рис. 1. Результат измерений

Модификация кремния осуществлялась в плазме тлеющего разряда в течение 15 минут при силе тока  $I = 0,8 \text{ мА}$  и напряжении  $U = 1,5 \text{ кВ}$ . Различие угловых зависимостей коэффициента отражения является проявлением модификации, приводящей к изменению характеристик кремния. Полученные результаты представляют практический интерес для создания полупроводниковых материалов с новыми свойствами.

С. Ю. КОТОВ

Научный руководитель Г. Я. БЕЛЯЕВ, канд. тех. наук, проф.  
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

С целью определения краевого угла смачивания, как характеристики эффективности смазывающего материала, было исследовано значение данного параметра для вакуумно-плазменных покрытий, широко используемых в узлах трения скольжения. Измерения были проведены согласно методике определения краевого угла смачивания методом лежащей капли для масел согласно ГОСТ 7934.2-74 при температуре  $22 \pm 2^\circ \text{C}$ . В качестве смазывающего материала использовали масло индустриальное марки И-40А ГОСТ 20799-88. Результаты измерений краевого угла смачивания представлены на рис. 1.

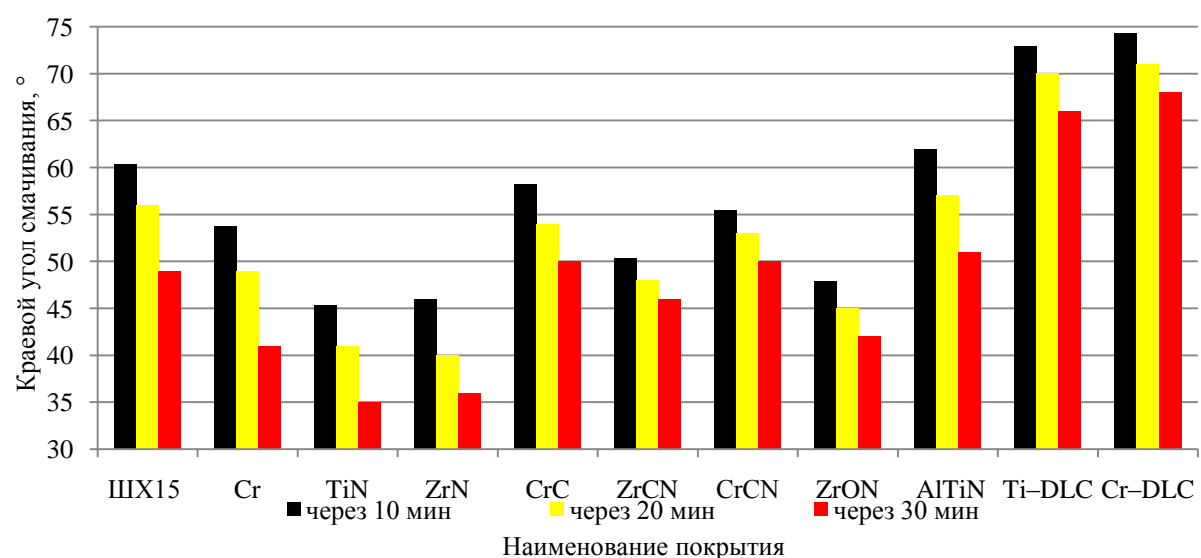


Рис. 1. Краевой угол смачивания для различных PVD покрытий

Согласно полученным результатам, все покрытия являются гидрофильными для индустриального масла. Наиболее высокие характеристики смачивания продемонстрировали нитрид титана, оксинитрид и карбонитрид циркония. Данный факт свидетельствует, что поверхности с данными покрытиями обладают высокой смачиваемостью, что повышает эффективность применения смазочных материалов и, как следствие, способствует дополнительному снижению потерь на трение и износ узлов трения.

В. В. КИСЕЛЕВИЧ

Научный руководитель Я. О. ШАБЛОВСКИЙ, канд. физ.-мат. наук, доц.  
Учреждение образования  
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
им. П. О. Сухого»  
Гомель, Беларусь

При описании износа и старения полимерной электрической изоляции (ПЭИ) широко применяется распределение Вейбулла-Гнеденко. Однако с его помощью возможно описание лишь отдельных периодов эксплуатации ПЭИ (приработка, нормальная эксплуатация и окончательный износ), причём период нормальной эксплуатации имеет постоянную во времени интенсивность отказов, что, вообще говоря, неестественно. Для проведения анализа надёжности работы ПЭИ на более длительном временном интервале применяют метод суперпозиции единичных законов распределения, следствием чего, в большинстве случаев, является необоснованное увеличение числа варьируемых параметров получаемого при этом составного распределения. Разработана математическая модель отказа ПЭИ, позволяющая проводить корректное аналитическое описание надёжности ее работы на протяжении всех периодов эксплуатации. Модель основана на суперпозиции равномерного и экспоненциального распределений.

Общее выражение для функции интенсивности отказов ПЭИ, полученное в рамках указанной модели, имеет вид:

$$F(t) = [c_w + (1 - c_w)\bar{t}_E t_0^{-1} e^{-t/t_0}] \cdot [\bar{t}_E (1 + (1 - c_w)(e^{-t/t_0} - 1)) - c_w t]^{-1}, \quad (1)$$

где  $c_w$  – нормирующий множитель, определяющий долевой вклад равномерного распределения;  $\bar{t}_E$  – время эксплуатации, по истечении которого наступает отказ ПЭИ;  $t_0$  – математическое ожидание внезапного отказа ПЭИ;  $t$  – текущий момент времени.

Равномерное распределение описывает постепенное ухудшение свойств ПЭИ со временем (постепенный отказ), обусловленное её естественным (эксплуатационным) износом. В зависимости от условий эксплуатации факторами, инициирующими развитие постепенного отказа ПЭИ, могут выступать как отдельные виды разрушающих воздействий (тепловое, электрическое, механическое, атмосферное и др.), так и всевозможные их комбинации. Экспоненциальное распределение характеризуется наличием эффекта "нестарения" и описывает скачкообразное ухудшение свойств ПЭИ во времени (внезапный отказ), обусловленное резким воздействием деструктивных факторов значительной величины.

Полученное соотношение (1) позволяет моделировать реальные отказы эксплуатируемой ПЭИ.



УДК 681.7.068  
ПРИБОР ДЛЯ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
НЕОДНОРОДНЫХ ЖИДКИХ СРЕД

К. С. ЗАХАРОВА, В. П. ПАРХИМОВИЧ  
Научный руководитель С. С. СЕРГЕЕВ, канд. техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

В технологических процессах по производству и переработки жидкостей и жидких растворов контроль за их состоянием осуществляется по результатам измерения физических параметров, чаще всего, в качестве которых выступают плотность, вязкость и адиабатическая сжимаемость. Альтернативой перечисленным параметрам являются акустические – скорости распространения продольных и сдвиговых волн. Продольные ультразвуковые волны характеризуют упругие свойства жидкостей, их структуру и силы межмолекулярного отталкивания, сдвиговые – вязкие свойства, и как следствие, силы межмолекулярного притяжения.

В работе представлена разработанная методика и аппаратура для ультразвукового контроля, позволяющая измерять скорость распространения ультразвуковых волн в технических жидких неоднородных средах. На основе анализа акустического тракта, создана структурная схема прибора, обеспечивающая реализацию импульсно-временного метода с помощью погружного измерительного щупа в контролируемую жидкость. В измерительном тракте используются прямые преобразователи с рабочей частотой  $f=2\text{МГц}$  и регулируемой раздвижкой для изменения измерительной базы. Для электронного блока разработана электрическая структурная и принципиальная схемы. Основным элементом данной схемы является микропроцессор С8051F410-GQ со встроенным АЦП и стабилизатором напряжения. Для отстройки от внешних возмущений в конструкцию зонда введен термодатчик, позволяющий автоматически корректировать измеренные значения акустических параметров (скорость распространения объемных волн и их затухание) в зависимости от изменения температуры контролируемой среды.

Основными отличительными особенностями прибора являются: малые габариты измерительного зонда и прибора; возможность изменения и юстировки расстояния между источником и приёмником; возможность работы со средами, имеющими температуру от  $-55$  до  $+120$  °С.

В работе рассмотрены особенности практического использования прибора, а также экспериментальные зависимости скорости распространения продольной и поперечной ультразвуковых волн для ряда моторных масел и вязких суспензий.

УДК 621.7/9.048.7  
КОРРОЗИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННОГО  
ПОКРЫТИЯ ZrN

С. Ю. КОТОВ  
Научный руководитель Г. Я. БЕЛЯЕВ, канд. техн. наук, проф.  
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Одной из главных причин отказов и преждевременного выхода техники из строя является износ и недостаточная усталостная прочность элементов узлов трения. Целью научного исследования стало изучение защитных свойств покрытия ZrN, обладающего высокими триботехническими характеристиками, на коррозионную стойкость подложки. Результаты исследования очагов коррозии на образцах из стали ШХ15 с покрытием и без представлены на рис. 1.

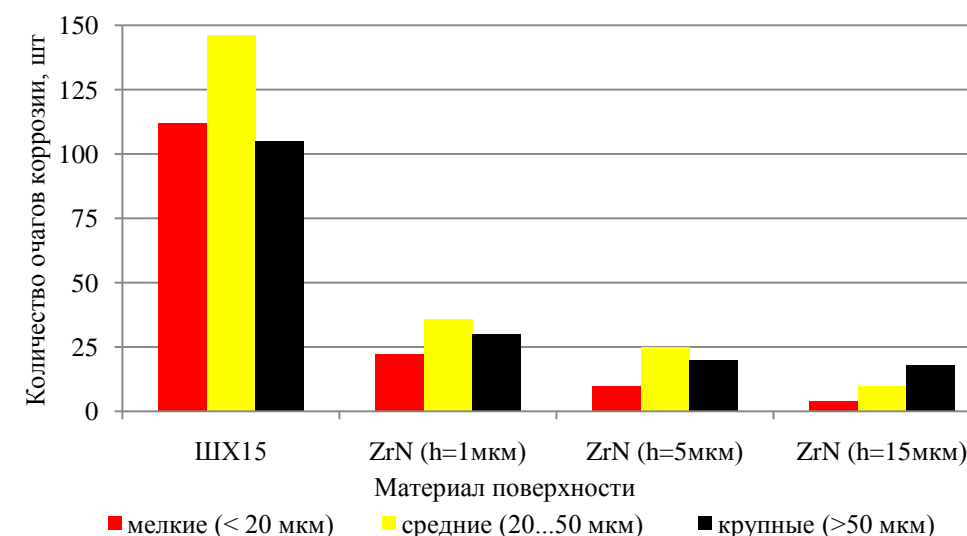


Рис. 1. Зависимость характеристик коррозии для стали ШХ15 от различной толщины покрытия ZrN при испытаниях в водопроводной воде по истечении 240 часов

В ходе исследований было установлено, что антикоррозионные свойства покрытия определяются, прежде всего, его дефектами, в частности: наличием в нем сквозных пор, число которых находится в зависимости от толщины покрытия. Также, напыление обладает значительными защитными свойствами: нанесение покрытия ZrN толщиной  $h=5$  мкм позволяет сократить их общее число более чем в 12 раз.

УДК 621.928

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ  
ВЫСОКОАДГЕЗИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Д. А. ЛАСОЦКИЙ, Р. А. БОНДАРЕВ

Научный руководитель М. А. КИРКОР, канд. техн. наук, доц.

Учреждение образования

«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПРОДОВОЛЬСТВИЯ»

Могилев, Беларусь

Как известно, многие материалы, представленные в виде тонкодисперсных порошковых систем с размером частиц от 20 до 100 мкм, проявляют адгезионные свойства. Данное явление связано с тем, что при измельчении до данных размеров частиц происходит значительное увеличение свободной поверхности частиц при уменьшении массы каждой частицы. Вследствие этого, в рассматриваемой системе возрастают электростатические силы и силы сухого трения частиц, что приводит к сцеплению, комкованию частиц порошка и налипанию его на отдельные элементы технологического оборудования. Особенно остро данная проблема ощущается при проведении процесса разделения частиц по размеру, т.к. явление адгезии резко снижает эффективность данного процесса.

На данный момент наиболее перспективным является применение центробежных роторных классификаторов, обладающих довольно высокими показателями качества разделения по сравнению с аналогичными видами оборудования (ситами, гравитационными и аэродинамическими сепараторами). Одним из направлений совершенствования процесса разделения является управление аэродинамическими течениями внутри ротора, что дает возможность создания альтернативных сил классификации, компенсирующих электростатические силы и силы сухого трения. Примером данного технического решения является ротор новой конструкции, схема движения воздушного потока внутри которого представлена на рис. 1.

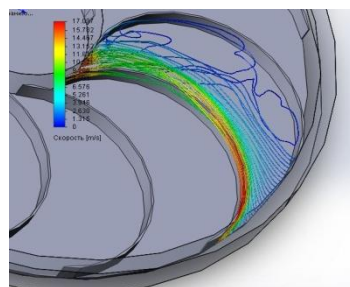


Рис. 1. Схема движения воздушного потока внутри ротора

УДК 621.372.8:535

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ ПОДЛОЖКИ НА СПЕКТР ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ  
СПОСОБНОСТИ ПЛЕНКИ

И. С. ДЗЕН

Научный руководитель А. Б. СОТСКИЙ, д-р физ.-мат. наук, проф.

Учреждение образования

«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

им. А. А. Кулешова»

Могилев, Беларусь

Спектрометрия отражательной способности поверхностей является распространенным методом неразрушающего оптического контроля параметров тонких пленок и интерференционных покрытий. Соответствующие измерения могут быть выполнены, например, с использованием сканирующего спектрофотометра исследовательского класса Photon RT. В настоящее время для решения обратной оптической задачи используют приближенный аналитический алгоритм обработки спектра отражательной способности, реализуемый коммерческим пакетом программ «OPTILAYER». В нем отражение частично когерентного света от границ пленки рассматривается в когерентном приближении, а световые поля, отраженные от пленки и от обратной стороны подложки складываются как не когерентные сигналы. Можно предположить, что точность такого подхода должна снижаться по мере уменьшения толщины подложки. Однако соответствующие оценки до сих пор не проводились.

Настоящее исследование направлено на устранение данного пробела. В работе получен аналог упомянутого выше стандартного приближенного алгоритма путем суммирования геометрических прогрессий, возникающих при рассмотрении последовательного отражения лучей на границах раздела сред. Показано, что он дает численные результаты для спектров отражательной способности, эквивалентные данным OPTILAYER. Проведен также более строгий волновой анализ отражательной способности слоистой структуры на подложке конечной толщины при ее освещении частично когерентным светом. На его основе сформулирован и реализован программно алгоритм, выполняющий свертку когерентной отражательной способности с аппаратной функцией монохроматора. Выполнено сопоставление результатов обоих алгоритмов при исследовании пленок, расположенных на подложках различной толщины. В результате установлено, что стандартный алгоритм полностью теряет применимость, если толщина прозрачной подложки становится менее 100 мкм. Такая ситуация может возникать, например, при спектрометрии поверхностных слоев на полимерных пленках.

УДК 355.424

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ  
СИСТЕМЫ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

А. А. БЕЛИКОВ

Научный руководитель И. Я. ЗАХАРОВ, канд. техн. наук, доц.

Учреждение образования

«ВОЕННАЯ АКАДЕМИЯ Республики Беларусь»

Минск, Беларусь

Одним из наиболее важных технических вопросов эксплуатации по техническому состоянию является контроль состояния изделия – оценка его качества в любой момент текущего времени.

Роль оценки технических систем (ТС) ответственна. Вооружение и военная техника при неисправном состоянии получает только одну общую оценку – неудовлетворительно. По результатам оценки ТС приводятся или, наоборот, не приводятся в действие материальные средства, нередко связанные с выполнением боевой задачи, с сохранением здоровья и жизни личного состава.

Неправильная оценка качества изделия – это допуск к работе неисправной аппаратуры, выпуск в полет неисправного пассажирского самолета или отключение исправной сети энергоснабжения. Поэтому основным свойством контрольной аппаратуры является ее достоверность. С хорошей достоверностью сейчас контролируются простые изделия или отдельные компоненты: механические детали, приборы, микросхемы и т.д.

При попытке оценить качество сложного изделия появляются трудности принципиального характера. Оказалось, что изделие со многими параметрами на краю допуска фактически имеет низкое качество, хотя все его параметры находятся в допуске и формально оно оценивается годным. С другой стороны, изделие с одним-двумя параметрами, незначительно вышедшими за допуск, вполне работоспособно, хотя оно оценивается негодным.

Эти факты говорят о том, что между положением параметров и качеством изделия существует сложная связь, чувствительная к количеству параметров, или иначе, к сложности изделия.

Очевидно, что существенное повышение достоверности контроля изделия невозможно без пересмотра самих основ оценки работоспособности изделий.

Решением возникшей проблемы является оценка работоспособности изделия по реальным, а не аппроксимированным зависимостям работоспособности от положения параметра. Таким образом, также радикально может быть улучшена сама система технического обслуживания изделий.

УДК 621.762

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАВ НА МОРФОЛОГИЮ  
ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ ХРОМОМ МЕДНЫХ ГРАНУЛИРОВАННЫХ  
КОМПОЗИЦИЙ

И. А. ЛОЗИКОВ

Научный руководитель Ф. Г. ЛОВШЕНКО, д-р техн. наук, проф.

Государственное учреждение высшего профессионального образования

«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Особенностью операции механического легирования композиций с повышенной концентрацией (10–15 %) легирующих компонентов является возможность нарушения протекания процесса обработки – налипание шихты на стенки помольной камеры и рабочие тела – шары. Кроме этого, получение крупногранульной композиции (размер гранул более 300 мкм) является нежелательным, т.к. центральная часть гранулы оказывается исключенной из процесса диспергирования и гомогенизации, что приводит к неравномерности распределения элементов по сечению гранулы и наследуется на последующих технологических стадиях изготовления полуфабрикатов.

Для повышения устойчивости процесса и получения требуемого гранулометрического состава необходимо замедлить процессы образования гранул. Этого можно достигнуть применением при механическом легировании поверхностно-активных веществ, в данной работе применялся графит серебристый.

Введение 0,05 % графита замедлило процесс грануляции и снизило налипание смеси на стенки помольной камеры и рабочие тела. Дальнейшее его увеличение до 0,15 % привело к уменьшению среднего размера гранул, преобладающий диаметр которых находился в интервале 0,25–0,50 мкм. Гранулы имеют округлую форму, являются плотными телами практически без пор. Крупные включения хрома и циркония отсутствуют. Возросла твердость гранул, которая зависит от количества вводимого графита и достигает 300 HV при его содержании 0,15 %. При увеличении содержания графита до 0,25 % практически прекращается процесс образования гранул, размер которых снижается до 0,045 мкм и менее. Смесь начинает налипать на рабочие тела и, особенно, на дно помольной камеры в виде рыхлой «шубы». Выход снижается до 70 % от массы навески.

Исходя из полученных результатов, оптимальное количество вводимого в качестве ПАВ графита составляет 0,12–0,15 % и не должно превышать 0,18 %.

И. А. ЛОЗИКОВ

Научный руководитель Ф. Г. ЛОВШЕНКО, д-р техн. наук, проф.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Наиболее простыми, дешевыми и доступными покровными флюсами для выплавки хромовых бронз являются: прокаленный древесный уголь, кокс пековый электродный КПЭ-2, электродный графит ЭГ, сажа. Они защищают расплав от окисления и являются хорошими теплоизоляторами, но не могут в полной мере устранить при плавке угар хрома и, особенно, циркония. Хорошей защитной способностью обладает смесь сажи с криолитом. Но в процессе растворения хрома возможно обволакивание его кусковых включений сажей и увлечение их в шлаковую пленку, что делает наличие ее на поверхности расплава перед легированием вредным. Поэтому, в настоящее время, широко используются окисно-солевые флюсы (риолит, риофат, риошлак), позволяющие не только защитить жидкий металл от окисления, но и разжижать образующиеся шлаки хромовой бронзы, способствуя более легкому удалению. Высокую степень защиты обеспечивает инертная атмосфера аргона.

Для определения влияния защитных атмосфер и раскислителей на химический состав, структуру и свойства литых бронз проводили опытные плавки под слоем криолита, в атмосфере аргона (А), а также при совмещенной защите – криолит + аргон (К+А).

Применение в качестве покровного флюса только криолита не обеспечивает полной защиты сплава от окисления, так как индуктивные потоки, образующие выпуклый мениск жидкого металла при плавке, отесняли флюс к стенкам тигля, что снижало его защитные свойства. Однако зашлаковка поверхности ванны при этом была значительно ниже, чем при применении смеси «сажа + криолит» и шлак легко удалялся с поверхности расплава. Проблема в зону плавки аргона по уровню изолирующей защиты сопоставима с защитой криолитовой пленкой, но потоки горячих газов, поднимающихся от расплава, а также периодическое «дрознение» и помешивание приводит к кратковременному нарушению изоляции и попаданию атмосферного кислорода.

Поэтому, наиболее оптимальной является комбинированная защита «криолит + аргон», позволяющая устранить недостатки, присущие каждой из атмосфер и снизить угар легирующих элементов до 2–3 %.

О. И. АКСЕНОВА

Научный руководитель М. Г. КУЛИКОВА, канд. тех. наук, доц.  
Филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего профессионального образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»  
Смоленск, Россия

Российскими государственными стандартами не предусмотрены клинические испытания кормов для непродуктивных животных. Основным требованием к кормам является их безопасность. При анализе кормов по показателям безопасности используют методики, утвержденные Госстандартом Российской Федерации и другими уполномоченными органами.

Контроль химического состава сухих кормов имеет большое значение при их производстве. Так же необходим дополнительный контроль качества в данной области, так как большая часть сухих кормов для кошек является продукцией импортного производства. В настоящее время в Смоленском филиале МЭИ проводятся работы, связанные с исследованием и разработкой методик контроля качества кормов для непродуктивных животных. Стандартные методы определения качества сухих веществ достаточно трудоемки, требуют больших временных затрат и дорогостоящего оборудования.

Метод диффузного отражения проб в ближней инфракрасной области спектра с использованием ИК-анализаторов является хорошей альтернативой стандартным методам, однако вычисление градуировочного уравнения требует обширных работ по подбору проб и их анализу стандартными химическими методами. В настоящее время существует новое техническое решение (патент РФ № 2138806), позволяющее подготовку проб к анализу методом ИК-спектроскопии осуществлять в зависимости от цвета, размера и формы гранул, а решение анализировать по единым градуировочным уравнениям.

Особенностью данного метода является определение оптических длин волн методом наименьших квадратов, с использованием спектральных данных первой и второй производных спектра. Этот метод обладает высокой точностью, прост и быстр в применении.

В России недостаточно организаций, занимающихся контролем качества кормов для непродуктивных животных, а большинство производителей кормов для домашних животных не слишком заинтересованы в повышении качества своей продукции, поэтому данная отрасль промышленности требует тщательного контроля и внедрения инновационных технологий.

УДК 620.179

## ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ НА СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ В НИХ УЛЬТРАЗВУКА

А. А. АЗАРКО

Научный руководитель В. И. БОРИСОВ, д-р физ.-мат. наук, проф.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Одним из важных показателей строительных пиломатериалов, влияющих на их качественные свойства, является содержание в них воды. Разработано большое количество влагомеров, построенных на различных физических принципах, для определения концентрации влаги в деревянных изделиях и исходных заготовках. Но испарение воды из деревянных изделий приводит к неоднородному распределению влаги по объему объекта контроля, что часто не учитывается в используемых влагомерах. Поэтому важной задачей влагометрии деревянных пиломатериалов является разработка методов контроля, учитывающих эту неоднородность.

В предлагаемой работе проводились экспериментальные исследования по измерению скорости ультразвуковых волн, распространяющихся по влажному пиломатериалу в зависимости от содержания в нем воды. Для определения содержания влаги в контролируемых образцах применялся весовой метод. Его суть заключалась в том, что высушенные изначально образцы полностью погружались в воду на трое суток. При этом определялась масса высушенных образцов. А затем, непосредственно перед акустическим измерением, определялась масса влажного образца. И по известному объему образца и массе поглощенной в нем воды рассчитывалась влажность образца контролируемого пиломатериала. Параллельно для измерения концентрации влаги в контролируемых образцах использовался прибор МГ4У. После этого определялась скорость ультразвука с помощью прибора Пульсар 1.2 при возбуждении акустических волн, распространяющихся вдоль поверхности образца и с помощью возбуждения объемных акустических волн. Исследовались образцы досок из сосны, ели и березы.

Проведенные измерения показали четкую корреляцию скорости ультразвука с влажностью образцов для объемных акустических волн.

УДК 666.151

## О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КВАРЦЕВЫХ ПЕСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ГОРОДНОЕ» В ПРОИЗВОДСТВЕ ЛИСТОВОГО СТЕКЛА

И. А. МАЛИНОВСКАЯ

Научный руководитель Ю. Г. ПАВЛЮКЕВИЧ, канд. техн. наук, доц.  
Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Листовое стекло относится к массовым видам продукции. Ежегодно в мире производится более 3,5 млрд м<sup>2</sup> листового стекла (в пересчете на толщину 4 мм). В связи с этим весьма важно, чтобы шихта, из которой оно изготавливается, содержала как можно меньшее количество дефицитных, дорогостоящих, а также токсичных сырьевых материалов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

Для исследования возможности использования кварцевых песков месторождения «Городное» в производстве листового стекла для синтеза были использованы 3 пробы кварцевых песков, предоставленные Государственным предприятием «БЕЛГЕО». Проба №1 была добыта из скважины №10, на глубине от 2 до 13 м, проба №2 – скважина №77, на глубине от 1 до 11,7 м и проба №3 – скважина ЛТ1, на глубине от 2 до 17,8 м.

Кварцевые пески месторождения «Городное» после обогащения имеют химический состав, мас. %: проба №1 SiO<sub>2</sub> – 84,6; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 8,5; K<sub>2</sub>O – 0,3; FeO – 1,1; проба №2 SiO<sub>2</sub> – 98,2; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,3; MgO – 0,2; проба №3 SiO<sub>2</sub> – 85,1; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 6,3; K<sub>2</sub>O – 0,26; FeO – 0,3. Для изучения влияния состава кварцевых песков на свойства листовых стекол, синтез проводился как на природных пробах, так и на пробах, прошедших обогащение.

Исследование синтезированных листовых стекол показало, что физико-химические характеристики лежат в пределах значений, сопоставимых с промышленно получаемым листовым стеклом: ТКЛР 8,7–9,5·10<sup>-6</sup> °C<sup>-1</sup>; плотность 2480–2520 кг/см<sup>3</sup>; гидролитический класс III; температура начала размягчения 590 °C.

Спектры пропускания полученных образцов отличаются и определяют природой применяемых кварцевых песков и степенью их обогащения. Наибольшим пропусканием обладают стекла, синтезированные на основе кварцевого песка пробы №2. Проба песка №3, не прошедшая обогащения сильно снижает пропускание в видимой части спектра, однако, после просева и оттирки, светопропускание значительно возрастает, что свидетельствует об удалении илистых примесей, в т.ч. и содержащих оксиды железа, входящих в состав в виде окисных пленок.

Исследование кварцевых песков показало, что после обогащения их можно применять для получения листового стекла марок М4–М8.

УДК 666.295.1

ГЛАЗУРНОЕ ПОКРЫТИЕ ДЛЯ ОБЛИЦОВОЧНЫХ ПЛИТОК  
ОДНОКРАТНОГО ОБЖИГА

С. К. МАЧУЧКО

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

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

Минск, Беларусь

Технология производства облицовочных плиток однократным обжигом является приоритетным направлением модернизации строительной отрасли Республики Беларусь, поскольку позволяет снизить расход топливно-энергетических ресурсов и себестоимость готовых изделий.

Керамические массы, применяемые для производства облицовочных плиток по технологии однократного обжига, содержат около 10–18 мас.% карбонатсодержащих материалов. При использовании в качестве глазурных покрытий известных составов глазури, применяемых при технологии двукратного обжига, на поверхности изделий наблюдается большое количество «наколов». Это вызвано низкими температурами спекания и плавления глазури, которые интенсивно формируются в период выделения продуктов разложения карбонатов (800–900 °С).

Для получения прозрачных стекловидных покрытий для облицовочных плиток однократного обжига были синтезированы и исследованы составы глазури в системе  $R_2O - RO - Al_2O_3 - B_2O_3 - SiO_2$  (где  $R_2O - Na_2O, K_2O$ ;  $RO - CaO, ZnO, MgO, BaO$ ), при следующем содержании компонентов, мол.%:  $SiO_2$  54,5–64,5;  $B_2O_3$  5–15;  $CaO$  7,5–17,5;  $Na_2O, K_2O, BaO, ZnO, MgO, Al_2O_3$  – остальное. Глазурные стекла варились в газопламенной печи при температуре  $(1450 \pm 20)$  °С и выдержке при максимальной температуре 1 ч. Глазури готовились мокрым помолом фритт с добавкой 8 % по массе каолина и наносились методом полива на предварительно увлажненный керамический черепок. Обжиг образцов облицовочной плитки проводили в условиях ОАО «Березастройматериалы» при температуре  $1100 \pm 15$  °С.

В ходе исследования установлено, что для беспрепятственного удаления продуктов дегазации керамических масс и получения бездефектного глазурного покрытия необходимо, чтобы температурный интервал спекания глазури был смещен в область температур 890–940 °С. Высокое содержание в составах синтезированных глазурных стекол оксида кальция  $CaO$  в количестве 10–12,5 мол.% позволяет решить поставленную задачу и обеспечивает согласованное протекание процессов формирования глазурного покрытия и керамического черепка. Как показали проведенные рентгенофазовые исследования, увеличение содержания в составах глазурных стекол оксида кальция  $CaO$  до 17,5 мол.% приводит к снижению блеска и прозрачности покрытий, вследствие образования волластонита  $CaSiO_3$ .

УДК-621.744+621.778.2

СИНТЕЗ ТРАЕКТОРИЙ АРМИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ  
КОМПОЗИТОВ НА ПОВЕРХНОСТЯХ ДВОЙНОЙ КРИВИЗНЫ

М. В. ЩЕМЕЛЕВ

Научный руководитель Г. И. ПРОКОФЬЕВ, д-р техн. наук, проф.  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» «ЛЭТИ»

им.В. И. Ульянова (Ленина)

Санкт-Петербург, Россия

Одной из проблем автоматизированной укладки лент на поверхность выкладки двойной кривизны является фиксация армирующих компонентов на заданных траекториях армирования. Данная проблема на практике решается преимущественно посредством:

- использования геодезических траекторий выкладки;
- использования устройств фиксации материала на траекториях выкладки;
- уменьшения сил натяжения армирующего материала в зоне укладки.

Использование геодезических траекторий ограничивает ширину армирующих лент. Применение устройств фиксации значительно усложняет рабочий орган выкладочных машин и сказывается на производительности. Выкладка лент по произвольным траекториям укладки посредством уменьшения сил натяжения до нуля трудноосуществима.

В работе рассматривается возможность построения на поверхностях двойной кривизны траекторий с управляемым отклонением от геодезической кривой. В качестве меры вводится понятие угла отклонения между нормалью к траектории и поверхности в произвольной точке траектории.

Утверждается, что при определённых свойствах поверхности выкладки, связующего и армирующего материала армирующий компонент ленты не «уйдёт» с заданной траектории, если в каждой точке траектории угол отклонения между нормалью не превысит некоторый критический угол – в таком случае сил трения будет достаточно для удержания ленты.

Предлагается модель и алгоритмы синтеза траектории укладки армирующих компонентов лент на гладкой поверхности выкладки, проходящей через заданные точки поверхности с заданным в них направлением и заданным отклонением траектории от геодезической.

УДК 681.5  
НАСТРОЙКА КОНТУРА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ДОЗИРОВАНИЯ

Р. А. ШУЛЕНКОВ, Н. А. АШИРОВА  
Научный руководитель Д. А. ГРИНЮК, канд. техн. наук, доц.  
Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Анализ управления процесса дозирования основывается на практических экспериментах, проведенных при пуско-наладки на заводе СООО «М-стандарт» (производство антифриза). Процесс производства антифриза состоит из точной дозировки компонентов: суперконцентрат, моноэтиленгликоль и вода. Система управления построена на базе PLC Siemens S7-300 (CPU 315) и scada системы WinCC 7.0.

Особенности выбора исполнительного механизма зависят от точности дозировки. При пуско-наладке первоначально стояли электромеханические исполнительные механизмы (МЭО), сигнал управления 4–20 мА и дискретное управление для 3-х позиционного клапана. В первом случае вопросов не возникло, во втором – сигнал управления определенной длительностью импульса подавался или на открытие или на закрытие.

Для настройки регулирования использовались функциональные блоки FB41 (4–20 мА) и FB42 (3-х позиционное управление). Методы нахождения уставок регулятора: метод Циглера-Никольса (PIDControl, тренд WinCC7); метод Чен/Хроунз/Ресвик (PIDControl, тренд WinCC7); PID self-tuner Step7; PIDtunerTiportalV11 (дополнительное подключение S7-1200).

Процесс настройки выявил минусы использования исполнительных механизмов типа МЭО: электромеханический гистерезис; электромеханический люфт. Имеющиеся характеристики привода не позволяли дозировать компоненты с заданной точностью (0,2 % от расхода, по техническому заданию). Замена электрического исполнительного механизма на пневматический тоже сопряжена с трудностями: меньший гистерезис, чем у МЭО, появляется электрический гистерезис у электропневмопозиционера.

УДК 691.223.7  
ИССЛЕДОВАНИЕ КВАРЦЕВЫХ ПЕСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
«ГОРОДНОЕ» ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СТЕКОЛЬНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

С. К. МАЧУЧКО, И. А. МАЛИНОВСКАЯ  
Научный руководитель Ю. Г. ПАВЛЮКЕВИЧ, канд. техн. наук, доц.  
Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

В настоящее время основным сырьем для производства стекла в Беларуси является кварцевый песок месторождения «Ленино», расположенного в 75 км от Гомеля, запасы которого по состоянию на 2 июля 2005 г. составляли 7,2 млн т. Данного количества при ежегодном потреблении предприятиями стекольной промышленности в размере около 400 тыс. т. достаточно не более чем на 10 лет работы.

Интенсивное развитие стекольного производства требует разработки новых месторождений природного сырья, усовершенствование их добычи, обогащения и транспортировки.

На территории Беларуси известно несколько месторождений кварцевого песка, одним из наиболее крупных является месторождение «Городное», которое представлено двумя залежами и находится в 3-х километрах к северу от д. Городная Столинского района Брестской области. Запасы кварцевых песков месторождения «Городное» (западная залежь), как сырья для стекольного и попутно формовочного производства, составляют 15 077 тыс. т. или 9 137,6 тыс. м<sup>3</sup>. Срок службы карьера составит 72 г. при годовой производительности 270 тыс. т.

Для исследования были получены три пробы кварцевых песков месторождения «Городное». Проведенные исследования показали, что кварцевые пески имеют различный фракционный и химический состав, в связи с чем требуют усреднения и последующего обогащения с последующими операциями: подготовка исходных песков к обогащению в скруббер-бутаре; механической активации; для получения песка нужной крупности и его отмывку от шламов методом гидравлической классификации, а также дополнительного обогащения для удаления примесных минералов, которые представлены преимущественно алюмосиликатами и глинистыми примесями. Рекомендуется применять двойное обогащение в виде просева, а также отмучивание для удаления пылевидных и илистых примесей и оттирку кварцевого песка, с целью снятия оксидных пленок металлов с поверхности кварцевых зерен.

После обогащения кварцевые пески месторождения «Городное» можно применять для получения листового стекла марок М4–М8, а также в производстве стеклотары, окрашенной в коричневый цвет.

О. В. ОПИМАХ, И. И. КУРИЛО, А. А. ЯРОШУК

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

В связи с современными экологическими требованиями приоритетным направлением в лакокрасочной промышленности является производство нетоксичных антикоррозионных пигментов, способных заменить свинецсодержащие и хроматные пигменты. В нашей стране в качестве желтых пигментов используют пигменты на основе оксидов, хроматов, сульфатов и молибдатов свинца. Альтернативой этим пигментам может служить ортованадат висмута.

Целью представленной работы было изучение возможности использования сольвотермического метода для синтеза ортованадата висмута, а также изучение его физико-химических свойств.

Синтез ортованадата висмута осуществляли сольвотермическим методом с использованием в качестве прекурсоров водных растворов ванадата натрия ( $pH \approx 13$ ) и нитрата висмута ( $pH \approx 0$ ). С целью получения однофазного продукта были выбраны оптимальные условия вызревания ортованадата висмута, включающие следующие стадии: повышение величины  $pH$  коллоидного раствора до 3,5 30 %-ным раствором гидроксида натрия; перемешивание в течение 1 ч при комнатной температуре; введение 1 н. раствора гидроксида натрия и установление величины  $pH$  смеси до 6. Последующее кипячение полученной суспензии в течении 3 ч приводит к образованию мелкодисперсного порошка ортованадата висмута.

По данным рентгенофазового анализа, в пределах погрешности РФА полученный образец является однофазным и имеет структуру ортованадата висмута. Частицы синтезированного продукта имеют размеры от 0,1 до 7,0 мкм, а основной фракции (56,91 %) – от 0,1 до 2,0 мкм. Как правило, использование в лакокрасочной промышленности пигментов с такими малыми размерами частиц позволяет существенно улучшить показатели готовой продукции (интенсивность, блеск, укрывистость).

Изучение физико-химических свойств синтезированного пигмента показало, что истинная плотность порошка, установленная пикнометрическим методом, составляет  $6720 \text{ кг/м}^3$ . Значение  $pH$  водной суспензии  $\text{BiVO}_4$  равно 6. Маслосмкость полученного образца ортованадата висмута сравнима с маслосмкостью высокоосновных хроматов цинка (30 г/100 г пигмента).

Проведенные исследования позволили сделать вывод о возможности замены в рецептурах лакокрасочных материалов традиционных хромсодержащих пигментов на менее токсичный ортованадат висмута.

Р. А. ЧИЖИКОВ, Р. А. ГИНДУЛЛИН, А. Ю. РУСАК

Научный руководитель Д. А. ГРИНЮК, канд. техн. наук, доц.

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Как известно, в настоящее время, управление технологическими процессами в основном переложено на программируемые логические контроллеры (ПЛК). По выполнению алгоритмов управления производители выпускают контроллеры с различными потенциальными возможностями. Особенностью алгоритмов работы этих устройств по умолчанию является недетерминированный режим обработки входных переменных: чтение входных регистров, выполнение программы, обновление выходных переменных, диагностика оборудования и т.д. по кругу. Время между обновлением выходов и чтением входов может меняться из разветвления программы управления.

Работа с данными типа `integer` и `real` предполагает использование только ПЛК высокого класса. Возможности обработки аналоговых данных на средних контроллерах достаточно ограничены. Например, для `VIPA-200` и `SIMATIC S7-300` время квантования может быть только 500 мс. В любом ПЛК присутствует возможность использования различных типов таймеров. Это позволяет достаточно легко менять время квантования в зависимости от потребностей. На базе ПЛК `VIPA-200 (Adam-8214)`, который имеется в наличии на кафедре, были проведены исследования влияния механизма задания времени квантования на работу цифрового экспоненциального фильтра низкой частоты. Время прогона программы варьировалось от 7 до 21 мс. Алгоритм фильтра был реализован с помощью языков МЭК 61131-3 в виде отдельной функции на `STEP7`.

Полного совпадения между данными работы фильтров не наблюдалось. Несовпадения, скорее всего, связаны с более высоким приоритетом прерывания `OB35` по сравнению с `OB1`, а также превышением временем прогона программы базисного времени таймера, которое равно для данного контроллера 10 мс. При этом тренд от работы `OB35` имел небольшой временной опережающий сдвиг по сравнению с работой фильтра, который был реализован средствами `Simulink` с использованием метода Рунге-Кутты.

Реализация дискретизации с использованием работы таймеров позволила получить более качественное регулирование поддержания температуры на лабораторной установке.



УДК 621.9  
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ СХЕМ  
ЗАМЕЩЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В. В. ЧЕРЕДОВ

Научный руководитель И. А. ЕВСЕЕНКО, канд. техн. наук  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Трудоемкость автоматизации структурного синтеза и формирования динамических моделей трансформаторных элементов сложной конфигурации заключается в их многообразии. Для удобства работы с элементной базой необходимо, чтобы каждый трансформаторный элемент имел свое наглядное графическое представление. К настоящему времени запатентовано огромное количество трансформаторных элементов (различного рода редукторов механической, гидравлической и электрической природы) и постоянно изобретаются новые.

Предусмотреть удобные для восприятия графические образы трансформаторных элементов для всех механизмов преобразования параметров потока мощности практически невозможно. Базовые элементы современных пакетов динамического моделирования предусматривают набор только наиболее распространенных трансформаторных элементов. Кроме того, увеличение элементной базы создает определенные трудности для выбора нужных элементов и построения графического образа модели в целом.

Также имеются специализированные программные обеспечения для динамического моделирования применительно к конкретным объектам (гидромеханические трансмиссии, электрические силовые приводы и т. д.) в которых предусмотрен набор всех трансформаторных элементов, применяемых в рассматриваемом техническом объекте. Однако внедрение принципиально нового трансформаторного механизма создает сложности в таких программных продуктах и требует добавления новых элементов.

Актуальность проблемы заключается в создании универсальных схем замещения, либо универсального математического описания работы трансформаторного элемента с дальнейшей загрузкой пользователем графического изображения трансформатора (понятного и удобного для восприятия).

Универсальность математического описания базируется на аналогиях в динамических системах различной физической природы. Одним из возможных вариантов создания универсальных схем замещения является представление графической модели в виде графов.

Применение теории графов для представления структуры трансформаторных элементов сложной конфигурации недостаточно изучено, в частном случае применительно к планетарным коробкам передач.

УДК 546.87:546.881  
ОЦЕНКА ИНГИБИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ОРТОВАНАДАТА ВИСМУТА

О. В. ОПИМАХ, И. И. КУРИЛО, Т. В. ГАЛКОВСКИЙ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Потери металла от коррозии в мире составляют около 30 % от его годового производства. Поэтому важнейшей задачей современной науки и техники является поиск новых и совершенствование старых способов защиты от коррозии. В настоящее время для защиты изделий от коррозии применяют защитные покрытия, электрохимическую защиту и ингибиторы коррозии, изменяющие состав коррозионной среды. В покрытиях, в большинстве случаев, антикоррозионную функцию выполняют пигменты. К пигментам, обладающим высокой ингибирующей способностью, предъявляется ряд требований, важнейшим из которых является отсутствие в их составе растворимых токсичных соединений. Согласно литературным данным альтернативой желтым пигментам на основе оксидов, хроматов, сульфатов и молибдатов свинца может служить ортованадат висмута.

Целью работы было изучение свойств ортованадата висмута как ингибитора коррозии стали в водных растворах электролитов.

Экспрессную оценку ингибирующих свойств синтезированного пигмента проводили потенциодинамическим методом. Поляризационные измерения проводили при температуре 20 °С в стандартной трехэлектродной электрохимической ячейке ЯСЭ-2 с платиновым вспомогательным электродом используя программатор IPC-ProM. Потенциалы измеряли относительно насыщенного хлорсеребряного электрода сравнения ЭВЛ-1МЗ. Все потенциалы, приведенные в работе, пересчитаны в шкалу стандартного водородного электрода. В качестве рабочего электрода использовали сталь марки 08кп. Видимая поверхность электрода составляла 1,0 см<sup>2</sup>. Потенциодинамические анодные кривые снимали в интервале потенциалов от бестокового потенциала до области выделения кислорода при скорости развертки потенциала 20 мВ/с. В качестве фонового электролита использовали раствор 0,1 н. Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, в который вводили синтезированный ортованадат висмута в количестве 0,1 моль/л. Выбор состава электролита основывался на литературных данных.

Проведенные исследования показали, что при введении в электролит ортованадата висмута, бестоковый потенциал стального электрода смещается в анодную область на 130 мВ. Анодная поляризация приводит к увеличению скорости процесса окисления электрода как в фоновом электролите, так и в суспензии пигмента. Однако при одних и тех же потенциалах скорость анодного окисления стали в суспензии BiVO<sub>4</sub> на 40–50 % ниже, чем в отсутствии пигмента.

МОНИТОРИНГ ПОЧВ  
В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

О. В. ОПИМАХ, И. И. КУРИЛО, А. А. ЯРОШУК

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Значительным антропогенным источником поступления ванадия в окружающую среду является сжигание мазута на теплоэлектростанциях (ТЭС). В Республике Беларусь крупным производителем тепловой энергии, образующейся в результате сжигания мазута, является Минская теплоэлектроцентраль №3. Данное предприятие является производителем 75–80 % ванадийсодержащих отходов от ежегодного объема, образующихся в Республике Беларусь. Поэтому для оценки загрязнения почв продуктами сжигания мазута была выбрана территория, прилегающая к ТЭЦ-3.

Методом сканирующей электронной микроскопии установлен усредненный состав шламов ТЭЦ-3. Содержание соединений ванадия в пересчете на пентоксид ванадия составляет от 0,3 до 0,6 % мас.

Для оценки миграции соединений ванадия в почвах вблизи шламохранилищ ванадийсодержащих отходов было отобрано 10 проб почв. Отбор проб проводился согласно Инструкции о порядке проведения локального мониторинга окружающей среды. Определение содержания ванадия в пробах почв проводили фотоколориметрическим методом. Этот метод основан на реакции взаимодействия пероксида водорода в кислой среде с ванадием с образованием устойчивого комплексного иона  $[V(O_2)]^{3+}$  красно-оранжевого цвета. Метод включает: выщелачивание соединений ванадия в кислой среде в течение суток, образование комплексного иона, измерение оптической плотности раствора, определение содержания соединений ванадия (V) в пробах почв по калибровочному графику.

В результате было установлено, что в четырех пробах из исследованных десяти, фактическая концентрация соединений ванадия превышает ПДК в 1,1–1,9 раза, в остальных случаях – приближается к ПДК. Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что на предприятиях Республики Беларусь, производящих тепловую энергию накопилось значительное количество ванадийсодержащих шламов, хранение которых проводится в ненадлежащих условиях. Это приводит к миграции соединения ванадия в окружающую среду и представляет серьезную экологическую проблему. Все это обуславливает необходимость проведения дальнейших научных исследований как в области мониторинга окружающей среды, так и в области разработки высокоэффективных комплексных технологий переработки ванадийсодержащих промышленных отходов.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ  
СТРУКТУРЫ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В. В. ЧЕРЕДОВ

Научный руководитель И. А. ЕВСЕЕНКО, канд. техн. наук  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Одними из самых сложных трансформаторных элементов являются трансмиссии транспортных средств, где важную роль играют минимальные габариты и масса, и в тоже время требуется обеспечить высокий КПД. Проблема особо остро стоит для трансмиссий с планетарными коробками передач (ПКП), которые требуют специфических подходов для проведения структурного синтеза и динамического анализа.

Предлагаемый метод представления структуры ПКП в виде графов заключается в следующем. Каждый  $i$ -й планетарный ряд, входящий в состав ПКП, представляется в виде подмножества, состоящего из трех вершин  $a_i$ ,  $h_i$ ,  $b_i$ . Вершины соответствуют элементам планетарного ряда, т.е. центральным зубчатым колесам ( $a$ ,  $b$ ) и водилу ( $h$ ).

Кроме вершин, соответствующих элементам планетарных рядов, предусмотрены: базовая вершина “О”, характеризующая неподвижную систему отсчета (корпус ПКП); вершина “Э”, описывающая источник энергии; вершина “П”, соответствующая потребителю или сопротивлению. Для соединения вершин между собой предложено использовать 5 видов ребер: внутренние постоянные, внешние постоянные и внешние управляемые, входные, выходные.

Ребра, применяемые для постоянного соединения вершин в одном подмножестве, называются внутренними постоянными.

Ребра, предназначенные для постоянного соединения вершин, принадлежащих различным подмножествам (планетарным рядам), называют внешними постоянными.

Ребра, используемые для кратковременного соединения вершин, принадлежащих одному или разным подмножествам (планетарным рядам) с целью получения нужного передаточного числа, называют внешними управляемыми.

Входные и выходные ребра служат для отображения входа и выхода ПКП.

Построение графа ПКП необходимо осуществлять в следующей последовательности: нанести базовую вершину, вершину источника энергии, вершину потребителя и подмножества (планетарные ряды) с входящими в них вершинами; построить внутренние постоянные ребра; построить внешние постоянные ребра; установить внешние управляемые ребра; задать входные и выходные ребра графа.

А. В. ТОЛСТЫКО

Научный руководитель Д. А. ГРИНЮК, канд. техн. наук, доц.

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

Минск, Беларусь

Использование математического моделирования на этапе проектирования позволяет существенно избежать ошибок, снизить издержки при вводе в эксплуатацию промышленных объектов. Для вывода уравнений, описывающих процессы в горелке, камере сжигания, использованы основные уравнения гидрогазодинамики. При выводе уравнений процессов были сделаны допущения: плотность компонентов – постоянная; коэффициенты потерь в трубопроводах и форсунках – постоянные; процессы, протекающие в горелке – равновесные; параметры в горелке – постоянные по всему объему.

Так как решение распределенной задачи (т.е. одномерной, двухмерной и трехмерной) очень трудоемко, то на этом этапе решается нульмерная модель. При этом полагается, что все параметры компонентов в трубопроводах и продуктов сгорания в камере сгорания не зависят от координаты, а только от времени.

Уравнения движения в трубопроводах

$$P_{in,i}(t) - P_{fl}(t) = \frac{L_i}{S_i} \frac{dM_i(t)}{dt} + M_i^2(t) \left( \frac{\xi_{d,i} L_i}{2\rho_i d_i S_i} + \frac{\xi_{s,i} + \xi_{in,i} + \xi_{f,i}}{2\rho_i S_i^2} \right), \quad (1)$$

где индекс  $i$  – для магистралей горючего и окислителя;  $P_{exi}(t)$  – давление на входе в трубопровод;  $P_{fl}(t)$  – давление в горелке;  $L_i$  – длина трубопровода;  $S_i$  – площадь проходного сечения трубопровода;  $M_i$  – массовый расход компонента;  $\xi_{d,i}$  – коэффициент, характеризующий потери, распределенные по длине трубопровода (потери на трение);  $\xi_{s,i}$  – коэффициент потерь рубашки охлаждения горелки (для горючего  $\xi_{sp} = 0$ );  $\xi_{in,i}$  – коэффициент потерь входа в трубопроводе;  $\xi_{f,i}$  – коэффициент потерь форсунок;  $d_i$  – диаметры проходного сечения трубопровода;  $\rho_i$  – плотность компонента.

Для полноты отражения свойств объекта получены еще четыре уравнения. Для моделирования переходных процессов систему необходимо дополнить уравнением для магистрали отходов и уравнение изменения массы в камере сжигания:

$$\frac{dM}{dt} = \dot{M}_b(t - \tau_2) + \dot{M}_a(t - \tau_2) + \dot{M}_w(t - \tau_2) - \dot{M}_{cc}(t). \quad (2)$$

Полученные уравнения процессов для инсинераторной установки в полной мере позволяют произвести качественную настройку системы управления.

Н. М. ПАРНИЦКИЙ

Научный руководитель Т. Л. ТАЛАКО, канд. техн. наук

Государственное научное учреждение

«ИНСТИТУТ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ НАН Беларуси»

Минск, Беларусь

В работе исследовали свойства жаростойкого порошка на основе интерметаллида FeAl, легированного Cr.

В качестве базовой для исследований была выбрана композиция  $Al_{0,4}Fe_{0,6}/Al_2O_3$  с содержанием интерметаллида порядка 92–94 % масс. % и оксида – 6–8 масс. %. Для изучения возможности легирования моноалюминидом железа хромом в процессе синтеза использовали реакционные смеси, содержащие в качестве источника хрома порошки оксида хрома или сплава ПХ-30: 1) ПХ30+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Al; 2) Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Al+Fe.

Порошки получали методом МАСВС. Жаростойкость порошков оценивали по приросту массы в процессе изотермического окисления образцов в воздушной атмосфере в печи с естественной конвекцией. Образцы порошков выдерживали при температурах 500, 700, 900, 1000 °С в течение 2 часов. Стойкость порошков на основе моноалюминидов железа к окислению сравнивали со стойкостью к окислению СВС-порошков на основе моноалюминидов никеля и титана, легированных хромом (рис. 1).

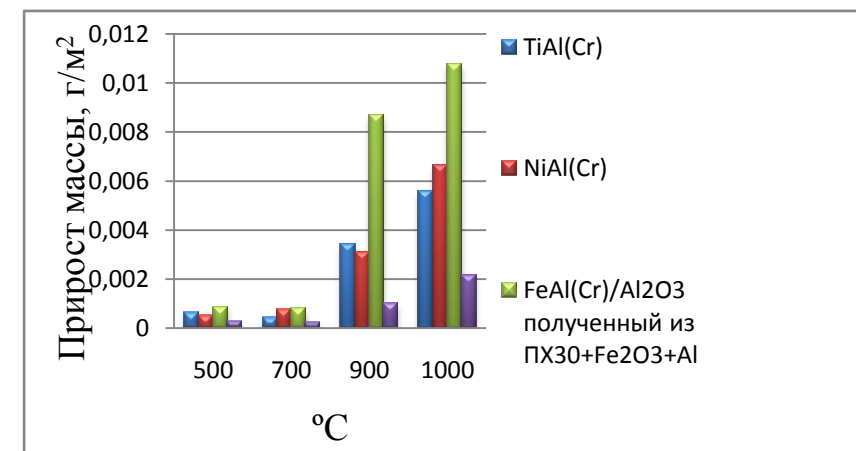


Рис. 1. Стойкость СВС – порошков к окислению

Наилучшей стойкостью к окислению во всем исследованном диапазоне температур обладает образец из синтезированного порошка, полученного из реакционной смеси 2. Его стойкость к окислению сравнима со стойкостью порошка на основе моноалюминидов никеля, легированного хромом, но при этом стоимость исходных материалов, а, следовательно, и стоимость самого порошка в несколько раз дешевле по сравнению с NiCrAl.

УДК 621.745.32  
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ МАСВС УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ  
ПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ МАГНЕТИТА

Н. М. ПАРНИЦКИЙ

Научный руководитель Т. Л. ТАЛАКО, канд. техн. наук  
Государственное научное учреждение  
«ИНСТИТУТ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ НАН Беларуси»  
Минск, Беларусь

В работе исследовали закономерности механоактивируемого самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (МАСВС) ультрадисперсных порошков на основе магнетита.

Синтез порошков магнетита методом СВС обеспечивается экзотермической реакцией окисления металлического железа  $Fe^{(0)}$  до  $Fe^{(III)}$  с тепловым эффектом реакции порядка 900 кДж/моль. Для снижения экзотермического эффекта в реакционную шихту вводили некоторое количество разбавителя ( $Fe_2O_3$ ). Для осуществления процесса синтеза магнетита к реакционной смеси добавляли внутренний окислитель в виде перхлората натрия ( $NaClO_4$ ).

Результаты исследований показали, что механоактивация реакционной смеси с  $NaClO_4$  в среде аргона приводит к быстрому разогреву реакционной смеси и неконтролируемому инициированию реакции в атриторе. При этом продукт содержит большое количество исходных реагентов. Поэтому для получения ультрадисперсных порошков магнетита использовали предварительную механоактивацию порошковой смеси оксида железа с железом в среде спирта. СЭМ – микрофотография тонкой фракции продукта СВС, полученного с использованием механоактивации порошковой смеси  $Fe-Fe_2O_3$  в среде спирта в течение 6 часов, после диспергирования в ультразвуке, представлена на рис. 1.

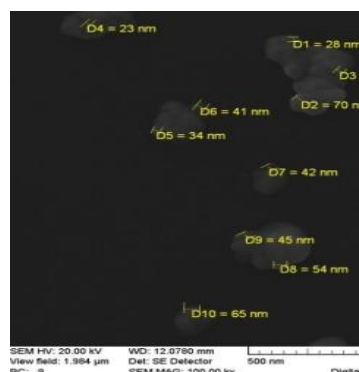


Рис. 1. СЭМ-микрофотография ультрадисперсного порошка на основе магнетита, полученного методом МАСВС

Работа выполнена в рамках совместного проекта БРФФИ – ГФФИУТ13К-095.

УДК 621.643.865  
УСТРОЙСТВО МЕХАНИЧЕСКОГО ПЕРЕДВИЖЕНИЯ  
НА ПЛАТФОРМЕ ARDUINO

Д. Е. СИДОРЧИК

Научный руководитель Д. С. КАРПОВИЧ, канд. техн. наук, доц.  
Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

ARDUINO – аппаратная вычислительная платформа для разработки электронных устройств. Arduino позволяет связать виртуальный мир с физическим посредством различных датчиков и исполнительных механизмов. Программирование ведется на языке Си подобном языке, в основе которого лежит C++. Основой данной платформы является 8-bit контроллер Atmel AVR (ATmega328P). Его максимальная тактовая частота составляет 20 МГц. Флэш-память составляет 32 кб, которая является местом для хранения программы. У него есть digital 14 контактов, которые могут служить и входами и выходами, 6 из которых могут выдавать ШИМ сигнал, 6 аналоговых входов.

Устройство программируется через USB без использования программаторов, что осуществляется благодаря микросхеме конвертера USB-to-Serial FTDI FT232R. Напряжение питания этой платформы составляет 5 В.

Моделью механического передвижения является Robot-CHIP. Компоненты модели: Driver L298N. Эти двойные полномостовые драйверы предназначены для работы на высоком напряжении и большом токе и рассчитаны на обработку логических сигналов стандартного ТТЛ уровня. Привод – электромотор с редуктором. В качестве датчика обратной связи использовался энкодер, который будет преобразовывать угол поворота обратно в электрический сигнал.

В устройстве использовался ультразвуковой датчик измерения расстояния HC-SR04 ультразвуковой сенсор. Расстояние рассчитывается исходя из времени до получения эха и скорости звука в воздухе.

Связь между устройством и пультом управления осуществлялась с использованием Bluetooth в ISM-диапазоне. Bluetooth осуществляет 2-х сторонний обмен данными. Подается питание +5 В и подключается земля соответственно. TX считывает данные с RX выхода контроллера, RX отправляет данные на TX входа контроллера.

Контроль линий поверхности реализован с использованием источника и приемника инфракрасного сигнала. Оптимальное расстояние обнаружения – 3 мм. Датчик работает в инфракрасном спектре. Дополнительный потенциометр позволяет регулировать чувствительность.

Н. В. САВЕЛЬЕВ

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

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего профессионального образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»  
Смоленск, Россия

Основными потребителями электрической энергии в современном мире являются электроприводные системы, значительная часть которых (около 50 %) – асинхронные электроприводы. Современный регулируемый асинхронный электропривод представляет собой систему, в основе которой лежит частотное регулирование, т.е. источник питания двигателя – полупроводниковый преобразователь. При всех достоинствах подобных систем, выделяют и ряд недостатков, один из которых – проблема влияния таких систем на питающую сеть.

Очевидно существование гармонических искажений в кривых сетевых фазных токов, вносимых нагрузкой электропривода (рис. 1). В зависимости от характера нагрузки сети, мощности нагрузки по сравнению с мощностью сети, вид осциллограмм может изменяться. В работе рассматривается система активного фильтра гармоник, улучшающая качество сети за счёт исключения высших гармонических составляющих из кривых сетевых токов и напряжений. На рис. 2 показана работа такой системы для мощного преобразователя (без включения активного фильтра и с ним).

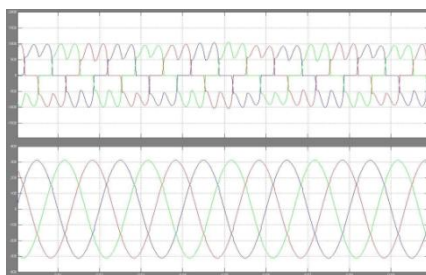


Рис. 1. Осциллограммы сетевых токов и напряжений

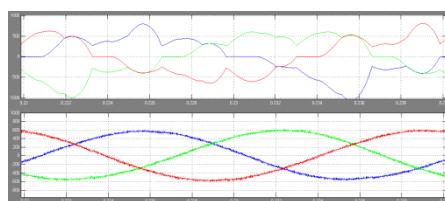


Рис. 2. Работа системы активного фильтра гармоник

Новаторской составляющей работы является построение алгоритма управления силовыми ключами по симплексному методу, а также формирование силовой схемы активного фильтра гармоник аналогично схеме трёхуровневого АИН с отсекающими диодами.

К. Б. ПОДБОЛОТОВ, Р. Ю. ПОПОВ

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

В настоящее время одним из основных направлений технического прогресса в производстве огнеупорных и тугоплавких материалов является снижение их энергоёмкости и создание новых видов материалов с высокими эксплуатационными характеристиками. Основной проблемой при создании и эксплуатации футеровочных материалов, является коррозия огнеупора, соприкасающегося с жидкими металлами и сплавами. Получение качественных огнеупорных покрытий позволит разрабатывать тепловые агрегаты, отличающиеся минимальным энергопотреблением, а также повышенным ресурсом работы. Кроме того, использование эффективных защитных огнеупорных покрытий позволит применять более доступные и дешёвые огнеупорные материалы.

Особый интерес для практического использования применительно к наиболее распространённым в промышленности алюмосиликатным огнеупорам представляют покрытия, полученные на основе системы Al – SiO<sub>2</sub> по СВС-технологии. Нанесённые на поверхность огнеупоров покрытия расширяют область температурного применения огнеупорной основы, приводят к значительному снижению физико-химической коррозии и механической эрозии поверхности, повышают температурный ресурс огнеупоров в условиях статических и динамических (в том числе циклических) воздействий агрессивных сред и высокотемпературных газовых и пылевых потоков. Весьма перспективным представляется применение СВС-покрытий для защиты футеровки печей для плавки черных и цветных металлов (особенно сплавов алюминия) и соляных ванн для обработки инструментальных сталей.

Покрытия образуются на поверхности шамотных огнеупоров в процессе инициирования реакции СВС в обычном режиме эксплуатации тепловых агрегатов при 700–850 °С. Толщина огнеупорного покрытия может быть различной от 0,5 до 4 мм в зависимости от производственной необходимости. Полученные в системе Al–SiO<sub>2</sub> СВС-покрытия, в зависимости от применяемого состава исходной шихты и добавок, могут состоять из муллита, оксида алюминия, карбидов, алюминатов и силикатов. Сочетание подобранных исходных компонентов и добавок дает возможность получать композиционные покрытия с требуемыми характеристиками.

УДК 620.178.3

К ВОПРОСУ РЕСУРСНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШТАМПОВОЙ  
ОСНАСТКИ И ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Е. П. ПОЗДНЯКОВ

Научный руководитель И. Н. СТЕПАНКИН, канд. техн. наук, доц.

Учреждение образования

«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

им. П. О. Сухого»

Гомель, Беларусь

Снижение себестоимости штамповой оснастки и деталей машин за счет максимального использования преимуществ ресурсного проектирования является одной из важнейших наукоемких задач.

Применение высоколегированных сталей для изготовления тяжелонагруженного штампового инструмента или деталей машин, работающих в условиях пульсирующих нагрузок, диктуется требованиями к износоустойчивости, прочности и усталостной долговечности материалов. Спектр эксплуатационных факторов, традиционно учитываемый при выборе материала детали, зачастую приводит к завышению коэффициента запаса надежности ответственных деталей по всему комплексу характеристик материала, а выбор материала делается в пользу сталей отличающихся высокой стоимостью. При этом затраты, связанные с формированием специфических свойств сопряженных поверхностей деталей увеличиваются соразмерно стоимости всего объема детали.

Постоянный рестайлинг продукции, машиностроительного комплекса и расширение её номенклатуры далеко не всегда требуют использования сверхдолговечных материалов. Большое внимание уделяется синхронизации в периодах работы различных узлов и полное использование всех ресурсных характеристик применяемых материалов, в том числе за счет их поверхностного упрочнения.

В учреждении образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого» разработано новое исследовательское оборудование, которое позволяет определять зависимости изнашивания поверхности металлических материалов в условиях воздействия на них пульсирующей контактной нагрузки. Испытания при различных уровнях контактной нагрузки дают возможность для сравнительной оценки контактной выносливости материалов применительно к условиям их эксплуатации, в соответствии с назначением и типоразмером широкого ряда деталей. Мониторинг величины износа поверхности испытываемых материалов и структурных изменений в рабочем слое обеспечивают построение семейства кривых контактной усталости. Они дают количественную оценку наработки на отказ различных материалов и показывают эффективность их поверхностного упрочнения. Непрерывная оценка изменений морфологии поверхностного слоя раскрывает механизм взаимодействия структурных составляющих. Это позволяет адаптировать параметры синтеза поверхностно-упрочненных слоев к условиям эксплуатации конкретной детали.

УДК 621.314

ТРАПЕЦЕИДАЛЬНЫЙ СИГНАЛ С МАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТЬЮ  
ПЕРВОЙ ГАРМОНИКИ

О. С. РЫЖОВА, А. Н. ШУМСКИЙ

Научный руководитель Д. А. ГРИНЮК, канд. техн. наук, доц.

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ

УНИВЕРСИТЕТ»

Минск, Беларусь

Методы и техника синхронного детектирования широко распространены и хорошо известны. Синхронным детектором (СД) называется устройство, в котором входной сигнал умножается на независимую от него периодическую величину, называемую функцией или вектором коммутации. Спектр выходного сигнала СД сосредоточен в области постоянного тока и гармоник частоты коммутации, поэтому выходная величина является медленно меняющейся функцией входного сигнала. В первичных преобразователях на медленные изменения выходного сигнала накладываются внутренние помехи, дрейф нуля, коммутационные явления, шумы и т.д. Для выделения полезного сигнала на фоне периодических и непериодических помех необходимо иметь строго синусоидальную функцию коммутации и фильтр низких частот или интегратор.

Для несинусоидального входного сигнала выходной постоянный ток после фильтрации содержит бесконечное число слагаемых. Выходной сигнал релейного СД, в отличие от гармонического, зависит не только от амплитуды и фазы первой гармоники, но и от высших нечетных гармоник. Учитывая, что амплитуда высших гармоник в реальных системах быстро уменьшается с возрастанием их номера, можно сделать вывод о том, что наибольшее влияние на результат оказывает третья гармоника.

Анализ с использованием разложения в ряд Фурье приводит к выражению

$$\cos\left(\frac{\omega m}{2}\right)\left(\frac{1}{2} - \frac{\omega m}{3\pi}\right) + \left(\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\omega m}\right)\sin\left(\frac{\omega m}{2}\right) = 0,$$

где  $m$  – время нарастания трапецеидального сигнала;  $\omega$  – частота измерительного сигнала, приближенное решение которого,  $m = 0,345T$ .

Полученные результаты в полной мере могут быть использованы для формирования синусоидального сигнала с помощью механизмов постоянной скорости для идентификации объектов.

УДК 519.6  
АППРОКСИМАЦИИ ДИНАМИКИ КРУГОВОГО ПРОПИТЫВАНИЯ  
ТЕСТОВОЙ БУМАГИ

Н. М. ОЛИФЕРОВИЧ, Р. А. ШУЛЕНКОВ, О. С. РЫЖОВА  
Научный руководитель Д. А. ГРИНЮК, канд. техн. наук, доц.  
Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Оценку физико-химических параметров дисперсных сред можно проводить по наблюдению за процессом пропитки фильтровальной бумаги с известными или неизвестными свойствами. Из-за разброса характеристик исследуемых сред актуальной представляется разработка бесконтактного измерения фронта распространения жидкости. Жидкости, которые пропитывают бумагу, изменяют общую диэлектрическую проницаемость многофазной системы. Прибор состоит из двух частей: различных вариантов первичного преобразователя и универсального электронного блока измерения и индикации.

По мере распространения фронта пропитывания, емкости измерительных конденсаторов увеличиваются. Целью измерения емкости является получение зависимости движения фронта смачивания от времени. Однако в интерпретации результатов измерений существуют некоторые трудности, обусловленные разнообразием и сложностью структуры реальных пористых материалов. В качестве модельных для оптимизации конструкции и программного обеспечения прибора использованы среды: вода, промышленно выпускаемый «Оксидат торфа плюс» и «Оксидат торфа плюс», разбавленный в соотношении 1:10, суспензии глины с количеством сухого вещества 5–20 г/л и подсолнечное масло.

Результаты аппроксимировались рядом модельных зависимостей.

Поиск коэффициентов моделей для формул производился на персональном компьютере, в остальных случаях коэффициенты получались непосредственно в приборе.

Проведенные эксперименты показали, что по мере распространения фронта смачивания фильтровальной бумаги, помещенной между обкладками конденсатора, емкость преобразователя (на одну обкладку) изменяется в значительном диапазоне (от 50 до 1500 пФ). Таким образом, данный метод может быть использован для разработки прибора, а предложенные модели хорошо аппроксимируют экспериментальные данные.

УДК 666.635  
РОЛЬ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА В ПОВЫШЕНИИ  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ПОЛУФАБРИКАТА ПЛИТОК

А. И. ПОЗНЯК  
Научный руководитель И. А. ЛЕВИЦКИЙ, д-р техн. наук, проф.  
Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

В технологии производства керамических материалов важную роль играет плотность упаковки пресс-порошка, во многом определяющая механическую прочность полуфабриката и готовых изделий, повышение которой является необходимым фактором при снижении материалоемкости плиток для внутренней облицовки стен за счет уменьшения их толщины.

В работе приведены результаты исследований, направленных на изучение возможности регулирования гранулометрического состава пресс-порошка с целью увеличения механической прочности керамических плиток на стадиях прессования и сушки.

Для исследования использовалась керамическая масса, включающая местное сырье Республики Беларусь: глину легкоплавкую полиминеральную месторождения «Лукомль», доломит месторождения «Руба», гранитоидные отсеvy Микашевичского месторождения и песок кварцевый Гомельского ГОКа, а также огнеупорную глину марки ДНПК и базальт Ровенского месторождения, импортируемые из Украины. Различная гранулометрия пресс-порошка обеспечивалась путем вариации времени помола сырьевой композиции от 12,5 до 27,5 минут с шагом 2,5 минут.

В результате исследований установлена оптимальная продолжительность помола сырьевой композиции, составляющая 20 минут, которая обеспечивает получение непрерывного гранулометрического состава пресс-порошка с соотношением мелкой (менее 2 мкм), средней (2–20 мкм) и крупной (более 20 мкм) фракций, равным 2,8 : 6,4 : 0,8. Это обуславливает необходимые технологические характеристики порошка и высокие показатели механической прочности полуфабриката плиток после прессования (0,59–0,61 МПа) и сушки (2,9–3,1 МПа).

В результате исследований установлено, что направленное регулирование гранулометрического состава пресс-порошка обеспечивает рациональное соотношений его фракций, что обуславливает повышение механической прочности полуфабриката и получение керамических плиток уменьшенной от 7,5 до 6,0 мм толщины, при этом основные характеристики готовой продукции отвечают требованиям нормативно-технической документации.

УДК 666.295.7

ПОЛУФРИТТОВАННЫЕ ИЗНОСОСТОЙКИЕ ГЛУШЕННЫЕ  
ГЛАЗУРИ ДЛЯ ДЕКОРИРОВАНИЯ ПЛИТОК ДЛЯ ПОЛОВ

Е. Ф. ПОЛУЯНОВИЧ

Научный руководитель И. А. ЛЕВИЦКИЙ, д-р техн. наук, проф.

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

Минск, Беларусь

Целью данной работы является разработка рецептур сырьевых композиций для получения износостойких полуфриттованных матовых глушеных покрытий для декорирования плиток для полов.

Синтез глазури осуществлялся в системе, включающей мас. %: полевой шпат – 25–37,5; фритты, взятые в соотношении 1:1 – 17,5–30; мел обогащенный – 2,5–15. В качестве постоянных компонентов входили волластонит, глинозем ГК-1, цинковые белила, циркосил, колеманит, глина и каолин. Их суммарное содержание составляло 35 мас. %. Для нанесения глазури использовался полуфабрикат высушенной керамической плитки для полов, изготавливаемых на ОАО «Керамин» (г. Минск).

Все составы характеризовались качественным глазурным покрытием. По декоративно-эстетическим показателям для дальнейших исследований выбраны составы, поверхность которых была белой, высокой степенью и равномерностью глушения, шелковисто-матовой, достаточно стойкой против скользяния, с отсутствием наколов и других дефектов поверхности.

Блеск и белизна покрытий, определенные на фотоэлектрическом блескомере ФБ–2 с использованием в качестве эталонов увиолевого стекла и баритовой пластинки, составили 11–22 % и 69–75 % соответственно.

Температурный коэффициент линейного расширения синтезированных глазури измерялся на электронном dilatометре DEL 402 PC фирмы «Netzsch» (ФРГ) в интервале температур 20–400 °С и составил  $(67,6–70,8) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ , что способствует достаточно высокой прочности сцепления в системе «глазурь–керамика».

Микротвердость глазурных покрытий измерялась на приборе Wolpert Wilson Instruments (ФРГ) и ее значения составляли 5213–8089 МПа.

Покрытия являются химически устойчивыми по отношению к раствору № 3 по ГОСТ 27180–2001. Термостойкость глазури составляет 150 °С. Степень истираемости – 3.

Рентгенограммы синтезированных глазурных покрытий снимались на дифрактометре ДРОН–3. Установлено, что фазовый состав глазурных покрытий представлен в основном альбитом, анортитом, ортоклазом и цирконном.

УДК 62-83-52

БЕЗДАТЧИКОВЫЙ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД

Ю. Н. МИТРОФАНЕНКОВ

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

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного

учреждения высшего профессионального образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

Смоленск, Россия

Одна из особенностей вентильно-индукторного электропривода (ВИП) в традиционном исполнении – наличии датчика положения ротора, что приводит к удорожанию электропривода.

Целью данной работы является устранение из системы электропривода датчика положения ротора, что достигается использованием специальных алгоритмов и режимов бездатчикового управления.

Для реализации поставленной цели разработан ВИП, в котором вентильно-индукторная машина (ВИМ) работает одновременно в режиме двигателя и в режиме датчика углового положения. При этом одной из особенностей разрабатываемого привода является то, что можно контролировать угловое положение ротора не формируя электромагнитный момент, то есть заставить работать ВИМ в режиме датчика углового положения

Для определения углового положения ротора ВИМ запрашиваем две незадействованные на данном такте работы катушки, расположенные в разных фазах ВИМ, от квадратурных источников тока частотой 10 кГц. Для исключения влияния квадратурных токов на электромеханическую характеристику двигателя, их величина на порядок меньше номинальной. Квадратурные токи приводят к возникновению в магнитной системе ВИМ информационного потока, фаза которого зависит от углового положения ротора машины. Данный поток наводит в катушках ВИМ ЭДС частотой 10 кГц. Определять угловое положение ротора ВИМ будем по фазе наведенной ЭДС.

Для проверки работоспособности предлагаемого ВИП в среде MATLAB 2008 разработана математическая модель бездатчикового ВИП, а так же собран лабораторный стенд, в котором ВИМ работала в режиме датчика углового положения. Результаты моделирования и лабораторных испытаний подтвердили работоспособность ВИП. Разработанный способ определения углового положения дополняет существующие и может использоваться в электроприводах.



УДК 004.75  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ДВОЙНОГО КЭШИРОВАНИЯ ДАННЫХ  
ДЛЯ УСКОРЕНИЯ РАБОТЫ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

И. И. МЕЛЬНИКОВ, К. А. ДЕМИДЕНКОВ

Научный руководитель И. А. ЕВСЕЕНКО, канд. техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Многие предприятия используют распределенные клиент-серверные приложения для того, чтобы их сотрудники и клиенты могли легко работать локально с необходимой для них информацией. Ввиду расширения предприятий и создания удаленных рабочих мест, стала актуальной проблема обеспечения быстрого доступа клиентов к центральным серверам и ускорения, тем самым, работы клиент-серверных приложений. Для ее решения предложен метод двойного кэширования данных.

На основе этого метода разработан WAN-акселератор (Wide Area Network), который является независимым программным модулем и прозрачным для использующего его клиент-серверного приложения. Акселератор состоит из двух частей (клиентской, или акселератора-клиента и серверной, или акселератора-сервера).

Акселератор-клиент перехватывает HTTP-запросы (HyperText Transfer Protocol), идущие от клиента, и, проведя с ними операции кэширования, компрессии и шифрования, пересылает акселератору-серверу, который, в свою очередь, проводит операции их дешифрования, декомпрессии и кэширования и отправляет серверу. Сервер осуществляет обработку запросов, генерирует ответы, которые приходят сначала на акселератор-сервер, где они кэшируются, сжимаются и шифруются, а затем отправляются акселератору-клиенту для дешифрования, декомпрессии и кэширования. При перехвате запроса, который был кэширован акселератором, ответ на него в лучшем случае может быть возвращен из кэша акселератора-клиента (тогда происходит экономия времени передачи запроса, генерации и передачи ответа), в худшем – из кэша акселератора-сервера (тогда происходит экономия времени генерации ответа). Актуальность данных в кэше акселератора-сервера поддерживается путем целевого асинхронного обновления кэша при каждом обращении к нему, а акселератора-клиента – путем обмена короткими сообщениями, содержащими сгенерированные по определенным правилам хэш-коды с акселератором-сервером.

Эксперименты показали, что использование акселератора позволяет снизить среднее время ожидания ответа клиентом на 14–98 % в зависимости от пропускной способности сети и частоты повторяемости идентичных запросов/ответов.

УДК 666.295.4:666.75  
ГЛИНЫ И КАОЛИНЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ –  
СЫРЬЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТУГОПЛАВКИХ И ОГНЕУПОРНЫХ  
КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Р. Ю. ПОПОВ, О. А. СЕРГИЕВИЧ, Т. О. СИНЯКИНА, О. В. СЛАБКО,  
О. А. ЛАСКОВЕЦ  
Научный руководитель Е. М. ДЯТЛОВА, канд. техн. наук, доц.  
Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Огнеупоры являются весьма востребованными керамическими материалами. Разработка составов керамических масс и получение на их основе изделий является приоритетной, весьма актуальной и перспективной задачей. Это связано, прежде всего, с необходимостью замещения импортируемых материалов из зарубежных стран (России, Украины, Германии и т.д.). Известно, что огнеупорные керамические изделия характеризуются большим разнообразием материалов, используемых в качестве конструктивных и изоляционных в тепловых агрегатах, однако наиболее распространенными среди них являются алюмосиликатные. Причиной такой популярности является простота их получения, относительно низкие температуры синтеза, а также распространенность исходных сырьевых компонентов для производства. Все эти перечисленные достоинства позволяют значительно снизить себестоимость конечного продукта, а также повысить производительность труда. Для организации производства алюмосиликатных изделий в нашей стране необходимы качественные огнеупорные глины и каолины. Республика Беларусь располагает месторождениями каолинов, наиболее перспективными из которых являются «Дедовка» и «Ситница». Разработка составов масс, включающих отечественное глинистое сырье для материалов, применяющихся в качестве футеровочных в тепловых агрегатах, позволит расширить сырьевую базу керамической отрасли, снизить стоимость изделий, а также уменьшить зависимость предприятий от поставщиков аналогичного сырья из-за рубежа.

В результате исследований, проведенных на кафедре технологии стекла и керамики БГТУ, разработаны составы масс тугоплавкого кирпича, включающие отечественное глинистое сырье. В качестве основных компонентов керамических масс использовались: огнеупорные глины «Керамик-Веско», «Боровичи», легкоплавкая глина «Осетки», каолины указанных выше месторождений. На основе этих составов были синтезированы опытные образцы, проведены испытания в лабораторных условиях, изучена их структура, фазовый состав и основные физико-химические свойства. Оптимальная температура синтеза составляла 1100 °С. После обжига керамические образцы характеризовались следующими показателями свойств: водопоглощение 9–12 %; кажущаяся плотность 1800–2000 кг/м<sup>3</sup>; открытая пористость 19–25 %; механическая прочность при сжатии 30–33 МПа; ТКЛР (4,4–4,6)·10<sup>-6</sup> К<sup>-1</sup>; термостойкость 35–42 теплосмен, теплопроводность 0,62–0,68 Вт/м·К.

УДК 666.65:549.632  
КОРДИЕРИТСОДЕРЖАЩИЕ ИЗДЕЛИЯ НА ОСНОВЕ КАОЛИНОВ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Р. Ю. ПОПОВ, О. А. СЕРГИЕВИЧ, Е. А. ЛЯЩЕНКО,  
Т. О. СИНЯКИНА, И. Л. ПЫТЬКО  
Научный руководитель Е. М. ДЯТЛОВА, канд. техн. наук, доц.  
Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Термостойкие кордиеритсодержащие керамические материалы и изделия востребованы предприятиями машиностроения, металлургии, строительной индустрии Беларуси, однако, на сегодняшний день выпуск таких изделий незначителен, в результате чего они являются предметом импорта. Это объясняется, прежде всего, несколькими обстоятельствами: отсутствием в Беларуси качественных огнеупорных глин и каолинов, а также запасов магнийсодержащих и глиноземсодержащих сырьевых материалов. Кроме того, одним из факторов, препятствующим масштабному промышленному производству кордиеритсодержащей керамики, является многообразие форм изделий, применяемых предприятиями.

Организация производства технической керамики с использованием отечественного сырья является актуальной задачей. Работами, проведенными на кафедре ТСиК БГТУ, показана перспективность использования каолинов месторождений Республики Беларусь для получения кордиеритсодержащих изделий.

В процессе работы было осуществлено химическое обогащение каолина месторождения «Дедовка» несколькими способами, которое позволило уменьшить содержание железистых (до 0,29 мас. %) и титанистых примесей (до 0,22 мас. %). В качестве сырьевых материалов для получения термостойкой керамики использовали природный и обогащенный каолин «Дедовка», тальк онотский, глиноземсодержащий компонент, карбонат бария (сверх 100 мас. %). Образцы керамики обжигались в интервале температур 1100–1300 °С с выдержкой при максимальной температуре 1 ч.

Свойства керамики оптимального состава, обожженной при температуре 1300 °С характеризуются следующими показателями: водопоглощение – 15,6 %; пористость – 31,5 %; кажущаяся плотность – 2020 кг/м<sup>3</sup>, ТКЛР (при 300 °С) –  $3,05 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ; механическая прочность при изгибе – 20 МПа; удельное объемное электросопротивление (при 100 °С) –  $2,9 \cdot 10^{12} \text{ Ом} \cdot \text{см}$ ; усадка – 4,8 %. Фазовый состав материала представлен преимущественно кордиеритом, в качестве побочных фаз фиксировались кварц, муллит, корунд, энстатит и шпинель. Оптическая микроскопия позволяет сделать вывод о том, что материал представлен однородной текстурой, в которой равномерно распределены все сосуществующие фазы.

УДК 621. 3.  
ВИРТУАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ КАК СОВРЕМЕННОЕ  
ОБОРУДОВАНИЕ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ УЧАЩИХСЯ

С. Н. МАРКЕВИЧ  
Учреждение образования  
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
КОЛЛЕДЖ»  
Могилев, Беларусь

В настоящее время каждое машиностроительное предприятие имеет определенное количество специального технологического оборудования, от надежности и точности работы которого зависит качество выпускаемой продукции. Новые более современные станки появляются в продаже ежегодно, и каждое последующее поколение отличается от предыдущего более совершенной системой оснастки и увеличением количества вспомогательных устройств. Поэтому подготовить современного специалиста не представляется возможным без внедрения специализированного программного обеспечения в процесс обучения. Основное преимущество компьютерного моделирования заключается в том, что его применение позволит на стадиях проектирования выявлять ошибки в конструкциях, схемах, либо в расчетах и избежать серьезных последствий непосредственно в физическом воплощении модели.

Для обеспечения качественного и мобильного образования внедрена виртуальная компьютерная лаборатория по дисциплине «Устройства программного управления в автоматизированном производстве». Виртуальная лаборатория представляет собой программно-аппаратный комплекс, позволяющий получить дополнительный достаточно мощный инструмент для проектирования и анализа схем не прибегая к их реальной сборке, также на ранних стадиях учащиеся могут избежать неприятных моментов при сборке. В данном случае рассматривается установка с удаленным доступом, в состав которой входит возможность самостоятельной работы на виртуальных станках, наладка их параметров и наблюдение за процессами, а также обеспечение полной безопасности проводимых экспериментов. Необходимость создания виртуальной лаборатории возникла в связи с трудностями применения реальных лабораторий.

В заключение хотелось бы сказать, что отказаться от применения в процессе обучения практических отработок ни в коем случае не следует. Необходимо внедрять программное обеспечение в процесс обучения в совокупности с практической отработкой аналогичных, либо похожих схем на стендах. Только так можно подготовить на высоком уровне современного специалиста как для производственной деятельности, так и для поступления в высшие учебные заведения.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ МОДЕЛЬЮ

А. В. ЛЕКАРЕВА

Научный руководитель Н. А. НОВИКОВА, канд. техн. наук, доц.  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«ВЛАДИМИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. А. Г. и Н. Г. СТОЛЕТОВЫХ»  
Владимир, Россия

В некоторых автоматических системах в силу конструктивных особенностей объекта управления (ОУ) или условий эксплуатации невозможно получить полную и достоверную информацию о регулируемой координате. Объект управления в таких системах не охватывается обратной связью, следовательно, не учитываются его динамические свойства, что негативно сказывается на качестве работы САУ. Для повышения эффективности управления и построения рациональной структуры необходимо проанализировать влияние параметров объекта в различных режимах работы на динамику САУ. Моделирование проводилось в среде MATLAB (Simulink), определялись показатели качества переходных процессов и точности регулирования при разных законах изменения входного сигнала и величины момента нагрузки.

Результаты моделирования САУ с не полностью наблюдаемой регулируемой координатой показали, что наибольшее влияние на динамику оказывает величина входного воздействия. Одним из возможных вариантов построения рациональной структуры САУ, повышающей характеристики управления объектов, является введение параллельной модели.

В качестве модели целесообразно использовать такую систему, которая имеет требуемый «эталонный» переходный процесс. Для достижения заданных показателей (отсутствие перерегулирования, высокое быстродействие, минимизация влияния нелинейностей) в цепь формирования «дополнительного» управления включается элемент с переменным коэффициентом передачи, величина которого зависит от задающего воздействия.

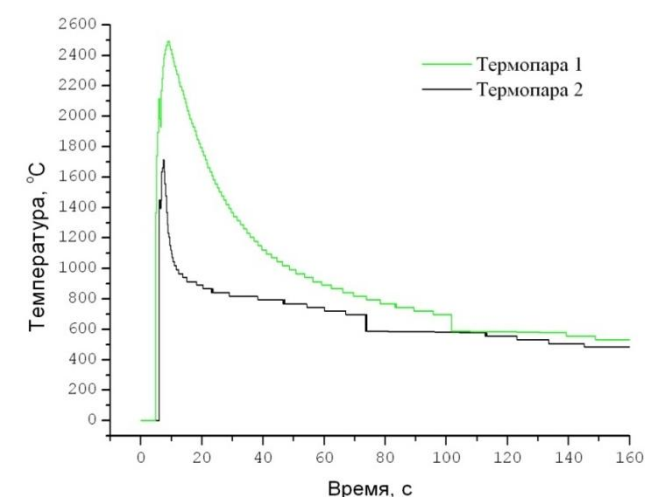
Моделирование показало целесообразность использования звена с переменным коэффициентом передачи в канале «дополнительного» управления для улучшения характеристик САУ и снижения возмущающего воздействия объекта управления, не охваченного обратной связью.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОГРАММЫ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА  
КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРОШКОВ  $TiB_2/(Fe-Mo)$  МЕТОДОМ  
САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО  
СИНТЕЗА

Ю. А. РЕУТЁНОК

Научный руководитель А. И. ЛЕЦКО, канд. техн. наук, доц.  
Государственное научное учреждение  
«ИНСТИТУТ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ НАН Беларуси»  
Минск, Беларусь

Проводили самораспространяющийся высокотемпературный синтез шихты, состоящей из смеси порошков титана, бора, железа и молибдена. Полученная термограмма представлена на рис. 1.

Рис. 1. Термограмма синтеза  $TiB_2/(Fe-Mo)$  методом СВС

Анализируя термограмму установили, что скорость волны горения при синтезе составила 0,9 см/с, а скорость нагрева вещества в волне – 800 °C/с. Время задержки инициирования составляет около 4,5 с. Синтез протекает быстро, сопровождается ярким свечением и ростом давления в 4–5 раз. СВС «стартовывает» при комнатной температуре и развивается с большой скоростью. Процесс заканчивается за несколько секунд, после чего начинается остывание материала. Первоначальная скорость остывания составляет 70–75 °C/с, а затем постепенно снижается до 8–10 °C/с.

Сильный разогрев вещества во время синтеза (до 2490 °C) приводит к образованию жидкой фазы, что говорит о реализации СВС с промежуточным расплавленным слоем.

Высокая скорость охлаждения продуктов синтеза на первоначальном этапе говорит о быстрой кристаллизации жидкой фазы с первичным образованием более тугоплавких соединений ( $TiB_2$ ), которые становятся центрами кристаллизации менее тугоплавких соединений.

Работа выполнена в рамках совместного проекта БРФФИ-ГФФИУ Т13К-034.

Ю. А. РЕУТЁНОК

Научный руководитель А. И. ЛЕЦКО, канд. техн. наук, доц.  
Государственное научное учреждение  
«ИНСТИТУТ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ НАН Беларуси»  
Минск, Беларусь

Одним из перспективных методов получения наноматериалов является метод спрей-пиролиза, основанный на термическом разложении и последующей кристаллизации аэрозоля раствора, содержащего катионы синтезируемого материала в стехиометрическом соотношении. Продуктом синтеза являются высокодисперсные, нанокристаллические образцы.

В работе изучали влияние теплоты сгорания органического растворителя на морфологию частиц наноматериалов, полученных при газопламенном синтезе. Для реализации газопламенного синтеза, были выбраны композиции, содержащие нитраты иттрия и европия, сахарозу и органический растворитель. При выполнении работы использован сканирующий электронный микроскоп высокого разрешения «Mira» фирмы «Tescan», Чехия.

Для изучения влияния теплоты сгорания растворителя на механизм процесса были отобраны три варианта растворителей: ацетонитрил (высокая теплота сгорания); диметилформамид (ДМФА, средняя теплота сгорания) и этанол (низкая теплота сгорания).

Таким образом, исследования показали, что основным фактором, влияющим на морфологию частиц, полученных методом реакционного (газопламенного) спрей-пиролиза, является теплота сгорания растворителя. В зависимости от ее величины возможны следующие механизмы синтеза:

1) высокая теплота сгорания (ацетонитрил). Синтез частиц осуществляется в газовой среде при высокой температуре, что обеспечивает формирование сферических частиц;

2) средняя теплота сгорания (ДМФА). Синтез протекает через две четко различимые во времени стадии: формирования первичной частицы за счет сгорания растворителя и взрыва первичной частицы за счет взаимодействия сахарозы и нитридов. Результатом двустадийности процесса является формирование иерархической структуры – ядро-пористая оболочка;

3) низкая теплота сгорания (этанол). Синтез протекает, в основном, на поверхности подложки, в результате чего формируется пористое покрытие.

Работа выполнена в рамках ГПНИ «Функциональные и машиностроительные материалы, наноматериалы», подпрограмма «Наноматериалы и нанотехнологии» подзадание 2.5.01.1.

А. В. ЛАПЕТО

Научный руководитель И. Ф. КУЗЬМИЦКИЙ, канд. техн. наук, доц.  
Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

В связи с развитием теории автоматического управления и моделирования объектов управления все большее внимание уделяется объектам с запаздыванием. Это явление заключается в том, что с началом изменения сигнала на входе объекта управления выходной сигнал начинает изменяться только через определенный промежуток времени.

В настоящее время активно ведутся работы по получению современных методик синтеза регуляторов и компенсаторов для систем автоматического управления с запаздыванием. Основная теоретическая база для разработки новых методов синтеза – современные исследования в области теории автоматического управления и высшей математики.

«Теория вложения систем» использует системы матричных уравнений для решения задач управления и показала высокие результаты при использовании в различных отраслях промышленности. Суть данного метода заключается во «вложении» в скалярный образ системы ее желаемого поведения (как вынужденного, так и свободного). На базе этой теории активно ведутся разработки новых методов синтеза систем управления, в частности стоит вопрос о применении данной теории к системам управления с запаздыванием.

Процесс расчета регуляторов для системы управления на основе теории вложения состоит из нескольких этапов: формирование проматрицы системы; выбор варианта синтеза (по свободной составляющей, по вынужденной составляющей или одновременно по двум); формирование желаемого поведения системы; расчет матричных регуляторов. Рассмотрим более подробно этап формирования передаточных функций желаемого поведения системы управления.

Разработан алгоритм формирования передаточных функций объекта управления исходя из желаемых показателей качества. Согласно этому алгоритму можно одновременно обеспечить несколько показателей качества при формировании желаемой передаточной функции системы управления.

Полученные желаемые передаточные функции могут быть использованы для синтеза систем управления, и, в частности, для синтеза модальных регуляторов при использовании теории вложения систем.

Т. С. КОРОЛЕНКО

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

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Гомель, Беларусь

В 2012–2013 уч. году на кафедре военно-специальной подготовки УО «БелГУТ» была выполнена инициативная НИР «Разработка комплексной системы электроснабжения мобильных и удаленных потребителей при проведении подразделениями транспортных войск учебно-практических занятий на объектах железнодорожного транспорта».

Объектом исследования являлся процесс восстановления электроснабжения мобильных и удаленных потребителей.

Цель работы – анализ характеристик источников и потребителей электрической энергии, стоящих на вооружении транспортных войск и выработка предложений по их использованию в зависимости от условий эксплуатации; разработка алгоритма принятия решения по обеспечению электроснабжения мобильных и удаленных потребителей при проведении подразделениями транспортных войск учебно-практических занятий на объектах железнодорожного транспорта.

В процессе работы проводился анализ образцов техники, использующих в процессе эксплуатации электрическую энергию. Условно все их можно разделить на следующие группы:

– источники, предназначенные для выработки электрической энергии и обеспечения ею потребителей;

– потребители, оборудованные электроприводом и не имеющие в своем составе источника электрической энергии;

– потребители, оборудованные электроприводом и имеющие в своей конструкции встроенный источник электрической энергии;

– потребители, оборудованные электроприводом и имеющие в своем составе автономный, легко заменяемый источник электрической энергии.

Направлением исследования являлась выработка алгоритма принятия решения по обеспечению электроснабжения мобильных и удаленных потребителей в различных условиях обстановки.

Результаты исследований используются в учебном процессе при подготовке курсантов военно-транспортного факультета в УО «Белорусский государственный университет транспорта», а также планируются к апробации в подразделениях транспортных войск в ходе предстоящих учений.

И. И. РОМАЧУК, А. Г. ШАГОЙКО, К. В. КРАВЧЕНКО

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

Учреждение образования

«ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Я. Купалы»

Открытое акционерное общество

«БЕЛКАРД»

Гродно, Беларусь

В работе [1] исследованы особенности структуры, деформационно-прочностных и триботехнических характеристик конструкционных сталей пониженной прокаливаемости в зависимости от технологических режимов формирования. Известно, что для улучшения структуры изделий из закаленных сталей, уменьшения в их составах количества остаточного аустенита, повышения качества и прочности изделий целесообразно использовать криогенный метод обработки [2]. Согласно данным работы [1, 2] криогенное воздействие на инструментальные стали, твердые сплавы, предназначенные для металлообработки увеличивает стойкость режущих частей инструмента. Данный процесс объясняется структурными превращениями, происходящими в изделиях при криогенной обработке, и как следствие, повышение механических характеристик. Целью исследований является разработка технологии и изучение физико-механических характеристик углеродистых сталей, подвергнутых воздействию криогенных жидкостей. Исследовали образцы из стали пониженной прокаливаемости 60 ПП (ТУ 14-1-5542-2006). Исследование прочностных характеристик на данном этапе осуществляли измерением параметров твердости и микротвердости образцов до криогенной обработки и после нее. Методами измерения твердости и микротвердости исследовано влияние криогенной обработки в течение 10–360 минут при температуре кипения жидкого азота на прочностные характеристики стали 60ПП, подвергнутой ОПЗ. Установлено, что после обработки происходит увеличение микротвердости поверхностного слоя образца. Выявлено изменение микротвердости в зависимости от длительности обработки. Исходя из того, что измерение твердости по Бриннелю не выявило существенных изменений после криогенной обработки, можно сделать вывод о том, что упрочняющее воздействие происходит в тонком поверхностном слое образца.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Криогенная технология повышения прочностных характеристик сталей пониженной прокаливаемости / Е. В. Овчинников [и др.] // Веснік ГрДУ, сер. 6. – 2012. – № 3 (137). – С. 49–58.
2. Евдокимов, В. Д. Технология упрочнения машиностроительных материалов // В. Д. Евдокимов, Л. П. Клименко, А. Н. Евдокимова; под ред. В. Д. Евдокимова. – Одесса, Николаев: Изд-во НГГУ им. П. Могилы, 2005. – 352 с.

УДК 621.892

## НАНОФАЗНЫЕ ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ

\*П. С. СЛАСТЕНОВ, Е. И. ЭЙСЫМОНТ

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

\*Открытое акционерное общество

«БЕЛКАРД»

Учреждение образования

«ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Я. Купалы»

Гродно, Беларусь

Эффективным противозадирным и компонентом смазок для тяжело нагруженных узлов трения являются полимеры и металлополимерные частицы, в т.ч. в виде дисперсных волокон, полученных при переработке технологических отходов производства искусственного меха. Доступность и дешевизна сырья позволяет получить эффективные смазки для тяжело нагруженных узлов трения, например, для применения в условиях холодного деформирования металлических заготовок [1, 2]. Представляет интерес использовать в качестве функциональной присадки нанодисперсные частицы полимер-олигомерных продуктов, полученных по технологии термогазодинамического синтеза (ТГД-синтеза), известных под торговым названием «Форум». Целью данной работы являлось изучение структуры и реологических характеристик пластичных смазок, модифицированных наночастицами фторсодержащих полимер-олигомерных соединений. В качестве базовых пластичных смазок использовали Литол-24, Итмол-150Н. Данные смазочные материалы модифицировали продуктами термогазодинамического синтеза (ТГД-синтеза) политетрафторэтилена (ПТФЭ). При введении в состав полимерных матриц наномодификаторов наблюдается увеличение прочностных показателей матриц, поэтому эффективность действия смазок возрастает. Наночастицы фторсодержащих смазок обладают более высокой устойчивостью к разрушению, а образовавшиеся квазисшитые структуры с меньшей вероятностью разрушаются с появлением макрорадикалов. Наличие у наночастиц модификатора нескомпенсированных носителей заряда [2] способствует поляризации жидкофазного компонента, расположенного вокруг полярных частиц, введенных в смазку, и полимерного разделительного слоя, который формируется в процессе эксплуатации пары. В результате на поверхности трения образуется экранирующий слой сложного строения, включающий полимерную и олигомерную компоненту.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Олигомер-полимерные композиции на основе фторсодержащих материалов / А. К. Цветников [и др.] // Материалы 8-й ежегод. междунар. пром. конф. – Славское, Карпаты, 2008. – С. 26–33.
2. Дисперсные модификаторы полимерных матриц. Ч.1 Морфология и зарядовое состояние дисперсных частиц / Н. А. Антанович [и др.] // Машиностроение и техносфера XXI века: сб. тр. XVII междунар. науч.-техн. конф. – Донецк: ДонНТУ, 2010. – С. 31–40.

УДК 621.3

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В БЕЛАРУСИ

А. П. КОРНЕЕВ

Государственное учреждение высшего профессионального образования

«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Потребность Беларуси в электричестве растет и к 2020 г. может составить до 41 миллиарда киловатт часов. Необходимо искать дополнительные возможности получения электроэнергии. Солнечная энергия дорогая во всем мире, иначе такие электростанции просто не окупятся. В отличие от цен на обычную электроэнергию, которые постоянно растут, себестоимость солнечной – снижается. Сейчас Беларусь собственными природными запасами обеспечивает всего 17 % потребностей в топливно-энергетических ресурсах (ТЭР). Недостающее количество ТЭР приходится закупать в России и других странах.

Современные ветроагрегаты сконструированы таким образом, что поворачиваясь в нужном направлении ловят ветер. Лопасты начинают крутиться при скорости 3 метра в секунду. Номинальный режим – не ниже 4,5 м/с. Если строить ветропарк, необходимо, чтобы недалеко были дороги, линии электропередач, куда будет сбрасываться "ветряная" энергия. Планируется до 2015 г. установить в Могилевском районе ветроустановки общей мощностью 58 МВт. Льгота государства таким производителям – покупка энергии по повышенным тарифам. Для "ветряной" энергии коэффициент равен 1,3, а "солнечной" – 3.

Максимально достижимый КПД солнечных элементов за последние 10 лет увеличился с 32 до 42 %. Также постоянно снижается их себестоимость. Появляются новые дешевые способы производства солнечных батарей.

Имеет смысл использовать солнечные батареи в местах, удаленных от линий электропередач и не критичных к постоянному наличию электроэнергии.

Более перспективной для обогрева дома зимой представляется геотермальная энергия. Появился целый класс установок, называемых тепловыми насосами. Тепловой насос позволяет "выкачивать" из земли тепловую энергию и пустить ее на обогрев дома.

К недостаткам солнечной и ветровой энергии можно отнести нестабильность, цикличность и неравномерность распределения по времени и территории. Наиболее стабильным источником может служить геотермальная энергия. Таким образом, альтернативные возобновляемые источники энергии позволяют долгосрочно обеспечить всю страну.

УДК 621.3

РАЗРАБОТКА СОВРЕМЕННОГО ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО  
АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

О. А. КАПИТОНОВ

Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

В настоящее время широкое распространение получили системы частотно-регулируемого асинхронного электропривода, позволяющие осуществлять глубокое регулирование скорости вращения электродвигателя при относительно высоком значении КПД во всем диапазоне регулирования. Наблюдается тенденция замены нерегулируемых электроприводов частотно-регулируемыми электроприводами с целью уменьшения потребления электроэнергии за счет регулирования скорости вращения электродвигателя. Однако массовый частотно-регулируемый электропривод имеет ряд недостатков, таких как: высокая стоимость преобразователя частоты по сравнению со стоимостью электродвигателя; необходимость в наличии отдельного места для установки преобразователя частоты; снижение КПД электропривода при работе в номинальном режиме из-за импульсного характера подаваемого на электродвигатель напряжения.

Для решения указанных проблем разрабатывается асинхронный электропривод в электромехатронном исполнении, включающий в себя электродвигатель специальной конструкции ДАС, предназначенный для работы с регулятором напряжения, и встроенный в его корпус электронный модуль, представляющий собой малогабаритный регулятор напряжения. Реализация электродвигателя и силового электронного модуля в одном корпусе позволяет снизить стоимость электропривода, улучшить массогабаритные показатели и оптимизировать параметры электродвигателя и регулятора напряжения за счет совместного проектирования обоих компонентов электропривода. Применение измененной конструкции ротора в электродвигателе ДАС и второго малого ротора, соединенного с вентилятором и имеющего постоянную скорость вращения позволяет значительно улучшить отвод тепла из стержневой обмотки ротора. Электродвигатель ДАС допускает регулирование скорости вращения вала при работе от регулятора напряжения и вентиляторной нагрузки без необходимости превышения номинальной мощности электродвигателя, что делает такую систему электропривода, с учетом значительно более низкой стоимости, при малых диапазонах регулирования, конкурентоспособной по сравнению с частотными электроприводами.

УДК 621.9

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ  
ПОКРЫТИЙ

А. С. ФЕДОСЕНКО

Научный руководитель Г. Ф. ЛОВШЕНКО, д-р техн. наук  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Минск, Беларусь

Перспективным способом ремонта и упрочнения деталей машин является нанесение металлических и композиционных покрытий методами газотермического напыления. Для получения высококачественных покрытий, обладающих высокими эксплуатационными свойствами (твердость, износостойкость) наиболее часто используют высоколегированные стали или специальные сплавы на основе никеля, хрома, кобальта.

Одним из способов получения газотермических покрытий, обладающих высоким комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств, является использование порошковых материалов, полученных по технологии реакционного механического легирования (РМЛ). Процессы, протекающие при обработке исходной шихты, носят сложный характер и приводят к формированию нового материала, обладающего уникальной мелкозернистой структурой. Частицы получаемого порошка имеют размер зерна на порядок меньше зерен материала, полученного стандартными способами порошковой металлургии. Из этого следует, что формируемое из таких порошков газотермическое покрытие должно обладать повышенным комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств.

В Белорусско-Российском университете разработан ряд металлических порошковых материалов, изготовленных по технологии РМЛ. Созданы порошки на основе систем Fe-Cr-C, Fe-Cr-Ni-C, Ni-Al, Fe-Al.

В результате исследований установлено, что получаемые газотермические покрытия наследуют мелкозернистую структуру исходного материала, параметры которой позволяют говорить о них, как о наноструктурных. Твердость и износостойкость исследованных образцов более чем на 10 % выше аналогов, нанесенных стандартными материалами. Этот факт говорит о возможности создания покрытий, обладающих повышенным комплексом эксплуатационных свойств, исходными компонентами для которых будут являться недорогие материалы.

В настоящее время по результатам исследований ведется плотное сотрудничество с Ремонтно-механическим заводом ОАО «Могилевхимволокно» с целью внедрения разработанных порошковых материалов для ремонта основного оборудования предприятия.

УДК 666.76:54.057; 621.315.5  
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ОКСИДНЫХ МОДИФИКАТОРОВ НА СВОЙСТВА  
ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ

А. А. ХОРТ, А. Л. НИКОЛЬСКАЯ  
Научный руководитель Е. М. ДЯТЛОВА, канд. техн. наук, доц.  
Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Керамические материалы с кристаллической решеткой типа перовскита на основе титанатов различных металлов и их твердые растворы широко используются в современной электронной промышленности. Однако требования современной науки и техники очень быстро возрастают и существующим материалам все сложнее им соответствовать. Кроме того, актуальны вопросы снижения габаритных размеров электронных устройств, при одновременном повышении их рабочих характеристик.

Целью работы является разработка составов масс и технологии получения керамических сегнетоэлектриков на основе титаната бария, модифицированного оксидами типа  $R_2O_3$  ( $Fe_2O_3$ ,  $Mn_2O_3$ ,  $Co_2O_3$ ), для чувствительных элементов датчиков различного типа.

Для синтеза сегнетоэлектрических керамических материалов на основе титаната бария был выбран способ высокотемпературного спекания смеси исходных компонентов, в качестве которых использовались оксид титана (IV)  $TiO_2$ , карбонат бария  $BaCO_3$  и оксиды железа, марганца и кобальта. После спекания, полученный порошок подвергался тонкому помолу в шаровой мельнице, после чего наносился на кристалл сенсора капельным методом в виде водно-спиртовой суспензии. После отжига кристалл монтировался в корпус датчика, который помещался в специальную камеру для измерения рабочих характеристик.

Было установлено, что введение оксидов марганца и кобальта в кристаллическую решетку титаната бария ведет к снижению физико-технических характеристик керамического материала, а также к ухудшению свойств чувствительного покрытия газовых сенсоров. При введении оксида железа в качестве модификатора кристаллической структуры титаната бария происходит повышение чувствительности сенсора по отношению к  $CO_2$  в атмосфере воздуха и  $CO$ , а также понижение удельного сопротивления сенсора, что способствует упрощению измерительной схемы датчика и снижению его энергопотребления.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что использование оксида железа в качестве модифицирующей добавки для улучшения эксплуатационных характеристик полупроводниковых газовых сенсоров на основе титаната бария технически оправдано и экономически выгодно.

УДК 004.8  
ЗАДАЧА АВТОМАТИЗАЦИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ВЫПУСКА  
ПРОДУКЦИИ В ОТОПИТЕЛЬНЫЙ СЕЗОН В ООО «СМИТ-ЯРЦЕВО»

К. В. ЗАХАРЧЕНКОВ, Т. В. МРОЧЕК  
Научный руководитель С. К. КРУТОЛЕВИЧ, канд. техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

ООО «СМИТ-Ярцево» является крупным промышленным предприятием Смоленской области, занимающимся выпуском ПИ-трубы и фасонных изделий для комплектации тепловых сетей. Спрос на продукцию предприятия имеет сезонный характер: с началом отопительного сезона спрос на продукцию сильно уменьшается, а в летний период спрос часто превышает производственные мощности, что приводит к невозможности выполнить часть заказов в установленные сроки, и, как результат, к потере клиентов и дополнительным финансовым затратам.

Для сглаживания сезонных колебаний спроса в отопительный сезон предприятие выпускает наиболее востребованные виды продукции, заполняя ими склад готовой продукции для последующей отгрузки в летний период. При этом выборка наиболее востребованных видов продукции и определение рационального уровня складских запасов каждого вида продукции не может быть выполнена вручную, поскольку ассортимент выпускаемой продукции очень большой (около 20000 наименований), а размеры склада и производственные мощности цехов ограничены. Кроме того, производственные мощности цехов могут изменяться при выходе из строя оборудования.

В связи с этим, актуальной задачей является автоматизация планирования выпуска наиболее востребованных видов продукции в отопительный сезон для создания складских запасов каждого вида продукции, обеспечивающих минимизацию отклонений заявок в летний период, с учетом размеров склада и производственных мощностей цехов.

Для решения поставленной задачи необходима следующая информация, имеющаяся в информационной системе ООО «СМИТ-Ярцево»: количество отгруженной продукции каждого вида; текущие складские запасы каждого вида продукции с учетом резервов и неликвидов (продукции, от которой отказались клиенты); производственные мощности каждого цеха и общий объем выпускаемой продукции.

Результатом решения задачи является ежедневный план выпуска изделий, изменяющийся с учетом поступающих заказов, количества изготовленной ранее продукции, размеров склада и изменения производственных мощностей цехов при выходе из строя оборудования.



А. Н. ЖАРСКИЙ, А. Н. ШУМСКИЙ

Научный руководитель И. О. ОРОБЕЙ, канд. техн. наук, доц.

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

Минск, Беларусь

Одним из возможных путей улучшения отношения сигнал/шум в первичных преобразователях слабых сигналов является использование датчиков с модулированным сигналом и выделение информативной составляющей путем синхронного детектирования. Первичные преобразователи в промышленных условиях подвержены влиянию импульсных помех индустриального происхождения. Эти помехи обладают широким спектром, причем амплитуды гармоник, попадающих в полосу сигнала, соизмеримы с амплитудой информативного параметра, что сильно влияет на стабильность показаний измерительного прибора.

В разработанной структурной в схеме (рис. 1) электрокинетического преобразователя, где  $u_{in}$  – информационный сигнал;  $u_{str}$  – опорный сигнал.

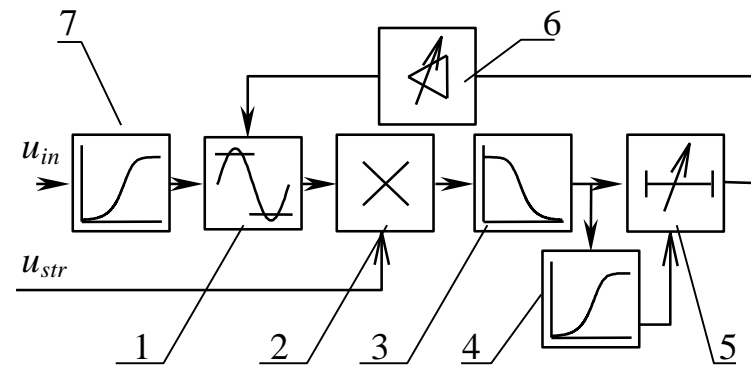


Рис. 1. Структурная схема управляемого ограничителя 1 – управляемый ограничитель; 2 – перемножитель; 3 – ФНЧ; 4, 7 – ФВЧ; 5 – динамическое звено; 6 – нормирующий усилитель выхода

Одним из условий успешной работы в целом структуры синхронного детектирования является работа фильтра высокой частоты на ходе 7. Существуют два решения по исключению постоянной составляющей входного сигнала: установка непосредственно фильтра высокой частоты или использование дифференциального усилителя на операционном усилителе, который будет вычитать текущую постоянную составляющую.

Для электрических схем, с учетом динамики операционных усилителей, были получены математические выражения. Проведенное имитационное моделирование для различных форм сигналов в условиях помех показали, что второе решение предпочтительнее.

А. А. ШЕГИДЕВИЧ

Научный руководитель А. Т. ВОЛОЧКО, д-р техн. наук

Государственное научное учреждение

«ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ НАН Беларуси»

Минск, Беларусь

Одним из способов искусственного изменения структуры, механических свойств и триботехнических характеристик сплава является модифицирование.

В частности, в настоящее время при получении ответственных деталей машиностроения (шатун, поршень, втулка скольжения) используются сплавы на основе алюминия, получаемые с применением различных модификаторов и примесей. В силу своих свойств, композиционные материалы с алюминиевой матрицей выгодно отличаются от других металлических конструкционных материалов, что определяет перспективность их использования, а также расширение областей применения при замене дорогостоящих материалов.

В задачу настоящей работы входило получение лигатуры системы алюминий-наноуглерод и применение ее в качестве модификатора для получения алюминиевого композита с широким спектром свойств.

Для получения образцов композиционного материала использовалась литейно-деформационная технология, разработанная в ГНУ «ФТИ НАН Беларуси». Данная технология включает смешивание порошковых компонентов шихты и проведение механоактивации полученной смеси, экструдирование шихты с получением лигатуры и получение композиционного материала на основе алюминиевой матрицы.

Лигатура готовилась из порошка алюминия марки ПА-3 и наноуглеродного материала в соотношении Al – 10 мас. % С в исходной смеси. В качестве углеродного наноматериала использовалась фуллереновая сажа, фуллереновая чернь.

При испытаниях модифицированный композиционный сплав с алюминиевой матрицей показал достаточно высокие механические и триботехнические свойства. В сравнении с исходным, прочность увеличилась в 2,3 раза и составила в среднем 400 МПа, возросла твердость почти в 2 раза до 125 НВ, при этом пластические характеристики говорят о возможности дальнейшей пластической деформации литых заготовок ( $\delta=8-10\%$ ). Наличие углеродных включений в микроструктуре способствовало уменьшению коэффициента трения в 1,5 раза с 0,23 до 0,16 и снижению интенсивности изнашивания в 12,5 раз с  $93 \cdot 10^{-3}$  мг/м до  $7,4 \cdot 10^{-3}$  мг/м.

УДК 678.742.2  
ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ  
ПЛЕНOK ПЛАСТИФИЦИРОВАННЫХ ОЛИФОЙ

Е. В. ШУКОВА

Научный руководитель А. С. НЕВЕРОВ, д-р техн. наук, проф.

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Гомель, Беларусь

Под формуемостью понимается способность полимерных композитов образовывать при нагревании бездефектное изделие, которое удовлетворяет определенным требованиям. Оптимальный состав композита, обеспечивающий наилучшие свойства материала в случае двухкомпонентной системы подобрать легко, однако для многокомпонентного материала эта задача значительно усложняется. Для решения данной проблемы нами был использован метод математического планирования эксперимента на симплексе.

Объект исследования – полимерные пленки на основе полиэтиленов и олифы.

Полимерные пленки изготавливали из полиэтилена низкого давления ПЭНД (ГОСТ 16338-77), ПЭВД (ГОСТ 16803-07) и олифы (ГОСТ 7931-76) методом «горячего» прессования на гидравлическом прессе ПГПР с электроподогреваемыми плитами ( $T = 423$  К) при давлении формирования 50 МПа.

Формуемость исследуемых композиций оценивали комплексно, учитывая внешний вид, наличие дефектов, механические свойства. Полученные данные обрабатывались на компьютере методом симплекс-решетчатого планирования по специально разработанной программе на языке Q-BASIC.

Анализ результатов показал, что при длительной выдержке на воздухе, олифа в порах отверждалась, образуя систему из двух взаимопроникающих пространственных сеток – термопластичной (полимерный каркас) и терморезистивной (затвердевшая олифа), которая обуславливает увеличение прочности. Для обеспечения хорошей формуемости, образцы на основе полиэтилена и олифы должны содержать не более 15% олифы. Введение ПЭВД в систему ПЭНД-олифа (1:1) непрерывно увеличивает прочность композита, до значений, характерных для чистого полимера.

УДК 004.932  
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ  
ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЯ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
НЕЙРОСЕТЕВОГО ФИЛЬТРА

К. А. ДЕМИДЕНКОВ, И. И. МЕЛЬНИКОВ

Научный руководитель И. А. ЕВСЕЕНКО, канд. техн. наук, доц.

Государственное учреждение высшего профессионального образования

«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Системы видеонаблюдения активно используются в различных областях. Все большее значение они приобретают и в области управления дорожным движением. Системы могут использоваться в составе автоматизированных систем управления дорожным движением (например, для определения плотности транспортного потока). Последние позволяют значительно повысить эффективность управления дорожным движением. Особое внимание при этом уделяется методам цифровой обработки видеоизображения, в частности, методам выделения переднего плана.

Из методов выделения переднего плана наибольшую эффективность демонстрирует метод временной разности в сочетании с новейшим методом вычитания фона ViBe (Visual Background Extractor). Данные методы реализованы на базе программных библиотек OpenCV и AForge.NET и позволяют задействовать не только вычислительные ресурсы центральных (CPU), но и графических процессоров (GPU).

Однако вышеназванные методы не могут полностью исключить появления «мусора» (небольших контуров, которые на самом деле не принадлежат движущимся объектам) на обработанном видеокадре. Необходимы способы улучшения алгоритмов обработки видеоизображения. Предложен эффективный и быстрый способ устранения шума на видеоизображении на базе искусственных нейронных сетей, предназначенных для обработки ряда признаков, характеризующих геометрическую форму выделенных объектов. Новизна и практическая значимость предложенного способа заключается в разработке нейросетевого фильтра, позволяющего классифицировать выделенные объекты, как объекты для последующего распознавания или как «мусор».

В основе нейросетевого фильтра лежит искусственная многослойная нейронная сеть с прямым распространением (многослойный персептрон), принимающая на входы характеристики геометрической формы каждого выделенного контура и дающая оценку в диапазоне от 0 до 1, характеризующую степень принадлежности выделенного контура к группе объектов, предназначенных для дальнейшего анализа.

Т. Н. ГУЛЯКА, В. С. РОМАНЮК

Научный руководитель Д. А. ГРИНЮК, канд. техн. наук, доц.

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

Минск, Беларусь

Стояла задача определить влияние нелинейных механизмов постоянной скорости на определение передаточной характеристики контура регулирования путем проведения активного эксперимента, т.е. получения разгонной характеристики. За основу был выбран метод площадей.

Современные исполнительные механизмы постоянной скорости имеют различные интерфейсы связи с контроллером и регулятором. Чаще других встречается ситуация, когда трехпозиционная нелинейная характеристика непосредственно в схеме управления исполнительным механизмом (сиг1) или нелинейный элемент реализуется непосредственно в регулирующем элементе (сиг2).

Для исследования был выбран объект третьего порядка со следующими фиксированными значениями

$$W(p) = \frac{1}{(22p+1)(4,5p+1)(0,25p+1)}$$

Постоянная времени  $T_s$  исполнительного механизма принимала значения от 0,05 до 10 с целью выявления границы влияния нелинейных свойств исполнительного механизма на точность определения модели объектом методом площадей.

Производилось сравнение определения параметров передаточной функции при получении переходной характеристики по сиг1 и сиг2 и их линейных эквивалентов. Результаты моделирования показали, что в случае сравнения основных постоянных времени объекта с временными параметрами исполнительного механизма, можно наблюдать существенные отличия в переходных процессах.

Большинство современных приводов имеет встроенный датчик положения, что позволяет получить информацию о перемещении регулирующего органа. Это дает возможность исключить влияние нелинейных свойств исполнительного механизма на точность идентификации параметров модели. Воспользовавшись механизмом численной минимизации среднеквадратичного критерия разности между полученными данными и данными заданной передаточной функции параметры модели получались с неизменной точностью, независимо от соотношения между динамикой объекта и характеристикой исполнительного механизма.

В. В. ЯСКЕЛЬЧИК, Е. В. МИХЕДОВА

Научные руководители: А. А. ЧЕРНИК, канд. хим. наук, доц.;

И. М. ЖАРСКИЙ, канд. хим. наук, проф.

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

Минск, Беларусь

Медные покрытия нашли широкое распространение в технике для придания поверхности определенного вида, а также ряда функциональных свойств. Исследование проводили в электролите следующего состава, моль/дм<sup>3</sup>: соль меди 0,4÷0,6; цитрат ионы – 0,25÷0,4; рН 7,0–9,5. Для увеличения проводимости электролита и поддержания ионной силы в электролит вводились сульфат и хлорид аммония. В качестве материала электродов для поляризационных измерений использовали сталь марки 3. В качестве вспомогательного электрода использовали медную пластину марки М0. Поляризационные измерения проводили на потенциостате РС-Pro М в стандартной трехэлектродной ячейке ЯСЭ-2. Диапазон плотностей тока, при которых получают качественные покрытия, определяли с помощью угловой ячейки Хулла объемом 250 см<sup>3</sup>. Для исследования влияния ультразвука (УЗ) воздействия использовали УЗ гальваническую ванну с донным расположением излучателя с частотой УЗ колебаний 22 кГц. Микрофотографии образцов выполнены на оптическом микроскопе Leica DFC Camera при увеличении ×1000.

Разность стационарных потенциалов медного и стального электрода в цитратном электролите составляет ~0,1 В, что свидетельствует о том, что цементация меди на поверхности стали в данном электролите практически не протекает. Ток контактного обмена отсутствует. Результаты поляризационных измерений показали, что происходит интенсификация процесса массопереноса в прикатодной области, уменьшаются диффузионные ограничения и увеличивается предельная плотность тока.

Угловая ячейка Хулла позволяет достаточно быстро определить диапазон значений плотностей тока, при которых возможно получить качественные покрытия. Установлено, что без наложения УЗ качественные покрытия получают при  $i = 1,0 \div 2,2$  А/дм<sup>2</sup>. Проведение процесса в условиях воздействия УЗ поля позволяет расширить рабочий диапазон как в область низких, так и высоких плотностей тока ( $i = 0,8 \div 3,5$  А/дм<sup>2</sup>), что является важной технологической характеристикой при реализации процесса в производственных условиях. Увеличение верхнего предела рабочей плотности тока до 3,5 А/дм<sup>2</sup> позволяет интенсифицировать процесс в 1,6 раза.

Наложение УЗ так же увеличивает равномерность распределения и размеров получаемых кристаллитов меди на стальной поверхности. Без УЗ воздействия размеры кристаллитов составляли около 2–4,5 мкм, а при воздействии УЗ преимущественные размеры составили 2–2,5 мкм при тех же технологических параметрах.

В. В. ВЫДРОВА

Научный руководитель Т. И. БЕНДИК, канд. техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Большинство вариантов исполнения сварных конструкций характеризуется наличием ребер жесткости, стрингеров, гофров с регулярным и нерегулярным их расположением.

Критические напряжения, при которых происходит потеря устойчивости отдельных участков конструкций (стенок, крыш кузова и т.д.), зависят от соотношения сторон, относительной толщины пластин, моментов инерции стрингеров или гофров и расстояния между, способа закрепления кромок и модуля упругости материала пластин.

Рекомендуемые в литературе математические зависимости для расчета критических напряжений получены из предположения о том, что рассматриваемые элементы имеют идеально правильную форму и потеря устойчивости начинается только при напряжениях, превышающих критические.

Но в реальных конструкциях фактически всегда присутствуют отклонения от прямолинейности оболочки и различные технологические прогибы. Если деформации после сварки превышают 50 % от толщины пластины, то условия работы оболочки не имеют ничего общего со схемой Эйлера и критические напряжения теряют смысл.

Специфика и сложность задач расчета устойчивости подобных сварных конструкций заключается в необходимости учета расположения, геометрических и жесткостных параметров каждого ребра в отдельности. Это обстоятельство существенно затрудняет использование различных упрощенных расчетных схем и требует применения не только аналитических, но и численных расчетов.

При использовании метода конечных элементов для расчета устойчивости сварных конструкций необходимо учитывать следующее:

- условия закрепления кромок должны выбираться таким образом, чтобы гарантировать получение реалистичной модели конструкции;
- наличие остаточных напряжений, вызванных термомодеформационным процессом сварки;
- отклонения от номинальной геометрической формы сечения пластины, например, прогиб из плоскости;
- неоднородность свойств материала в зоне термического влияния;
- выбор соответствующего программного обеспечения для решения совмещенной температурной и деформационной задачи.

Т. Н. ГУЛЯКА, Р. А. ГИНДУЛЛИН

Научный руководитель Д. А. ГРИНЮК, канд. техн. наук, доц.  
Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Одним из наиболее распространенных регуляторов на практике является ПИД-регулятор (пропорционально-интегральный регулятор). Его широкое применение связано с универсальностью и большим количеством инструментов для анализа линейных систем. Но у алгоритма присутствуют и недостатки, в первую очередь, интегральное насыщение и регулирование объектов с существенным запаздыванием.

Интегральное насыщение – это наиболее типовое проявление режима ограничения управляющего воздействия, которое возникает в процессе выхода системы на режим в регуляторах. На практике для улучшения качества управления при ограничении на управляющее воздействие чаще всего используются алгоритмические подходы.

Разработанная нелинейная структура позволяет использовать другие подходы. Максимального эффекта можно добиться оптимизацией членов ряда

$$e' = k_1 e + k_2 e^2 + k_3 e^3 + k_4 e^4 + \dots \quad (1)$$

Однако такой подход требует высоких вычислительных ресурсов на оптимизацию и интересен только с теоретической точки зрения. Оптимизация только четырех первых коэффициентов при различных параметрах объекта путем минимизации интегрального критерия привела к зависимостям, которые обладали плохой робастностью при небольших вариациях параметров объекта. Ориентация на прикладное применение результатов, позволили ограничиться исследованием кусочно-линейной характеристика и логарифмической.

Поиск настроек осуществлялся в пакете MatLAB путем численного моделирования, анализом переходного процесса на фиксированном диапазоне и с последующей корректировкой  $K_P$ ,  $T_I$  и  $T_D$ . Из многообразия возможных критериев был использован модифицированный интегральный критерий. Робастность настроек проверялась путем изменения коэффициента усиления объекта на 10 % в сторону увеличения или уменьшения.

В. В. ГУЛЯЕВ

Научный руководитель И. С. САВАТЕЕВА, канд. техн. наук, доц.  
 Филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
 учреждения высшего профессионального образования  
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»  
 Смоленск, Россия

Вентильно-емкостные преобразователи (ВЕП) представляют собой диодно-конденсаторные схемы, работающие в режиме, близком к короткому замыканию цепи нагрузки. Широкому применению ВЕП в качестве параметрического источника тока для питания машин постоянного тока способствует предельная простота исполнения, высокий КПД, емкостной коэффициент мощности, что позволяет использовать ВЕП помимо выполнения основной функции – стабилизации тока в нагрузке, также и в качестве компенсаторов реактивной мощности.

В настоящее время известно большое многообразие трехфазных схем ВЕП. Для анализа были выбраны схемы, представленные на рис. 1.

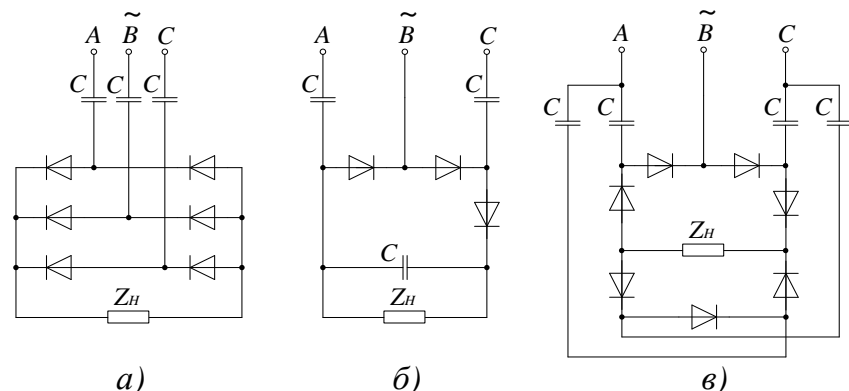


Рис. 1. Варианты трехфазных схем ВЕП

Целью работы являлся анализ вариантов схем ВЕП, их стабилизирующих свойств, массогабаритных и энергетических показателей, пульсаций выпрямленного тока в нагрузке.

В пакете прикладных программ Matlab Simulink разработаны модели схем. Исследования, проведенные на моделях, показали, что схема б в отличие от мостовой схемы а обладает большими пульсациями выпрямленного тока в нагрузке за счет меньшего количества элементов. Схема в, имея наибольшее число элементов, имеет пульсации выпрямленного тока аналогичные мостовой схеме, однако схема в обеспечивает наивысший уровень тока в нагрузке. Лучшая стабилизация тока при изменении нагрузки обеспечивается в первой и третьей схеме. Коэффициент мощности во всех схемах является емкостным.

Е. В. ИГНАТОВА

Научный руководитель Ю. А. ЦУМАРЕВ, канд. техн. наук, доц.  
 Государственное учреждение высшего профессионального образования  
 «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
 Могилев, Беларусь

Тавровые соединения являются одним из видов паяных соединений, наиболее часто используемых в пайке различных материалов. В работе авторов [1] подробно рассмотрены существующие разновидности паяных тавровых соединений пластин и предложены новые их конструкции. Однако вопрос соединения деталей с другими геометрическими формами соединяемых поверхностей не затронут.

В данной работе проведен сравнительный анализ несущей способности паяных тавровых соединений стержней различной конструкции, показанных на рис. 1. Необходимые для этого данные по распределению рабочих напряжений были получены расчетным методом с использованием программного комплекса SolidWorks и SolidWorks Simulation.

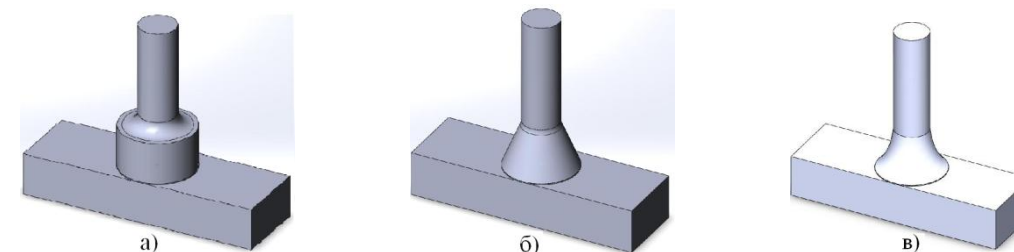


Рис. 1. Конструкции тавровых паяных соединений стержней и пластин

Для получения сравнительных данных было рассмотрено также паяное тавровое соединение пластины с круглым стержнем, не имеющим дополнительных упрочняемых элементов. При этом было установлено, что предлагаемые паяные тавровые соединения обеспечивают в зависимости от их конструкции снижение максимальных напряжений в основном материале в 1,25...1,48 раза. В паяном шве предлагаемые конструктивные элементы обеспечивают снижение напряжений в 2,5...4,0 раза. Это дает возможность получать равнопрочные соединения даже при использовании легкоплавких припоев.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Снижение концентрации напряжений в тавровых неразъемных соединениях / Ю. А. Цумарев [и др.] // Сварочное производство. – 2013. – №5. – С.13–16.

А. О. КОРОТЕЕВ, М. А. КАДРОВ

Научный руководитель В. П. КУЛИКОВ, д-р техн. наук, проф.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Перспективным направлением совершенствования процесса дуговой сварки в защитных газах является реализация комбинированного способа подачи компонентов защитной газовой смеси. При этом газовый поток функционально разделяется на внутренний, определяющий характер переноса и горения дуги, и наружный кольцевой, выполняющий защитную функцию. Однако в литературных источниках недостаточно сведений о возможностях кольцевого защитного газового потока препятствовать проникновению атмосферных газов в зону горения дуги. В частности, практически не разработаны рекомендации по проектированию сопел и влиянию их геометрических параметров на характеристики газовой защиты в реальных условиях сварки.

Проведен ряд экспериментальных исследований, направленных на определение оптимальных расходов защитного газа для каждого из вариантов сопла, а также установлена зависимость между его минимальным расходом и шириной кольцевого канала для подачи газа в зону горения дуги.

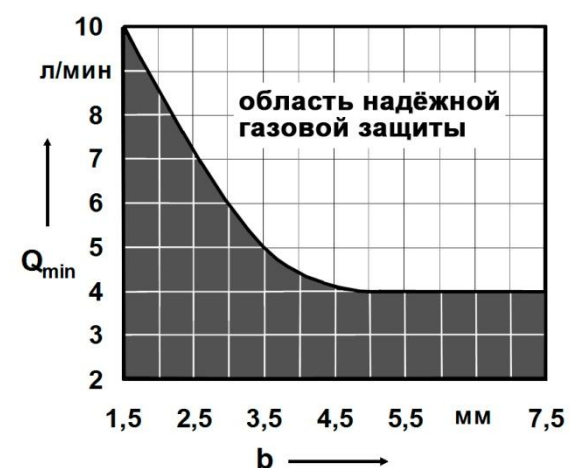


Рис. 1. Зависимость минимального расхода защитного газа ( $Q_{\min}$ ), обеспечивающего надёжную газовую защиту, от ширины ( $b$ ) кольцевого канала для подачи газа

подтверждены серией механических испытаний сварных образцов на излом с целью выявления наличия либо отсутствия пористости.

Для определения качества газовой защиты использовалась методика, предложенная А. В. Сурковым, сущность которой заключается в определении содержания  $\delta$ -феррита в металле аустенитно-ферритного шва, которое хорошо коррелируется с количеством поглощенного  $N_2$  и может определяться переносными ферритометрами контактного типа непосредственно на шве.

Комплексно анализируя полученные результаты, сделаны рекомендации по минимальному расходу защитного газа в зависимости от ширины кольцевого газового канала (рис. 1). Полученные результаты

Д. В. ГОРЧАКОВ

Научный руководитель В. В. ЛЬГОТЧИКОВ, д-р техн. наук, проф.  
Филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего профессионального образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»  
Смоленск, Россия

Известно, что при небольших диапазонах изменения скорости (не более 1:100) и требованиях к точности ее поддержания не более  $\pm 0,5$  % рекомендуется применять бездатчиковое векторное управление электродвигателем. Если же скорость вращения вала изменяется в широких пределах (до 1:10000 и более), имеются требования к высокой точности поддержания скорости вращения (до  $\pm 0,02$  % при частотах вращения менее 1 Гц) или есть необходимость позиционирования вала, а также при необходимости регулирования момента на валу электродвигателя на очень низких частотах вращения, рекомендуется применение методов векторного управления с обратной связью по скорости с применением датчиков положения ротора. Как правило, именно этими рекомендациями приходится руководствоваться при решении вопроса синтеза вентильного электропривода (ВЭП).

В последние годы опубликован ряд работ, посвященных бездатчиковому управлению ВЭП, в них предлагаются алгоритмы управления вентильным двигателем, применение которых позволяет отказаться от использования датчиков положения ротора в системах, где их присутствие казалось само собой разумеющимся (например, позиционный привод).

В связи с многообразием различных методик появилась потребность в проведении их сравнительного анализа и систематизации.

В данной работе рассмотрены наиболее распространенные методы косвенного определения частоты вращения и положения ротора ВД:

- наблюдатель, функционирующий в скользящем режиме;
- наблюдатель на базе расширенного фильтра Калмана;
- адаптивная система с задающей моделью;
- наблюдатель Люенбергера (полного и пониженного порядка);
- наблюдатель на базе искусственной нейронной сети.

Проведен их сравнительный обзор с указанием достоинств и недостатков каждой из методик, в результате чего даны рекомендации по применению того или иного способа бездатчикового управления в зависимости от требований, предъявляемых к электроприводу.

В. Т. ВИШНЕРЕВСКИЙ, И. С. СТАСЕНКО,  
Н. М. ПРИСМАКИН, К. С. БУКАТОНаучный руководитель Г. С. ЛЕНЕВСКИЙ, канд. техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Для синтеза наиболее совершенных систем управления электроприводами требуется исчерпывающая информация об объекте управления. В тех случаях, когда объект управления обладает несколькими частотами собственных колебаний, значения которых лежат в рабочем диапазоне электропривода, а также запаздыванием по отношению к входному воздействию, для синтеза системы управления требуется такое математическое описание, которое в достаточной степени отражает поведение объекта управления и его влияние на иные звенья системы.

Имеющаяся передаточная функция линейного протяженного механического элемента с распределенной упругостью позволяет учесть требуемое количество резонансных частот рассматриваемого элемента при ее аппроксимации конечномерным выражением, однако, требуется экспериментальное подтверждение применимости данного математического описания для моделирования систем электропривода с распределенными параметрами.

На кафедре «Электропривод и автоматизация промышленных установок» ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет» было произведено экспериментальное получение ЛАЧХ линейного элемента с распределенной упругостью при помощи специализированной лабораторной установки, имитирующей наличие исследуемого элемента в системе электропривода шахтного подъемника, в частном случае при пуске реальной промышленной установки.

По полученным графикам ЛАЧХ сделаны выводы о применимости имеющегося математического описания для дальнейших исследований, а также о необходимости существенной доработки существующего лабораторного оборудования с целью создания возможности исследования замкнутых систем электропривода с компенсацией возникающих колебаний. В дальнейшем требуется снижение коэффициентов трения в механической части установки и устранение нелинейностей в системе.

М. В. МЕЛЬНИК, С. А. ЛИТОШ

Учреждение образования  
«МОЗЫРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. И.П. Шамякина»  
Мозырь, Беларусь

На сегодняшний день все предприятия и производства нуждаются в квалифицированных сварщиках, но для достижения этого необходим тяжелый и трудоемкий процесс.

Развитие и усложнение строительного комплекса, применение современных конструкций и материалов, внедрение европейских и международных стандартов требует высокой квалификации персонала. На современном этапе уровень подготовки сварщиков не соответствует требованиям времени.

Существуют следующие виды технических средств обучения, позволяющие усовершенствовать процесс подготовки специалистов по сварке: информационные, программированного обучения, контроля знаний, тренажеры и комбинированные. В процессе современного образования учащихся по специальности сварка, широкое применение получили имитаторы (тренажеры) для обучения практическим приемам манипулирования сварочной дугой.

Основные системы подготовки сварщиков по степени имитации процесса сварки могут разделяться на компьютерные и искровые. В компьютерных тренажерах имитация сварочной зоны и сварочной дуги происходит с помощью синтеза изображений и приемов машинной графики – в виртуальном пространстве.

Наиболее эффективным подходом может оказаться введение оператора-сварщика в сварочный процесс с помощью дисплейных мнемосхем: воспроизведение виртуальной зоны горения дуги, жидкой ванны, разделки кромок, формирования шва осуществляется на мониторе компьютера.

В искровых процесс сварки имитируется на физической модели сварного шва искровым разрядом. Они являются альтернативой компьютерным тренажерам. В отличие от компьютерных, искровые тренажеры воспроизводят более реально сварочные процессы. Сварочную дугу в тренажерах этого вида имитирует высокочастотный искровой разряд, который формируется высоковольтным источником питания. Свариваемые изделия имитируются натурными образцами с термочувствительной бумагой, прожигаемой искровым разрядом-«дугой».

УДК 621.791.763.2  
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА КОНТАКТНОЙ  
РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ ЗАСОВА ЗАМКА СУВАЛЬДНОГО

А. Ю. ПОЛЯКОВ, С. С. КОРАТКЕВИЧ  
Научный руководитель С. М. ФУРМАНОВ, канд. техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

В данный момент в Республике Беларусь на ОАО "Могилевский завод "Строммашина" для получения неразъемных соединений засовов замков сувальдных применяется способ штамповки. Программа выпуска засовов – более 40000 штук в год. К недостаткам штамповки следует отнести невысокую прочность получаемых соединений (разрушение при испытании на срез происходит при нагрузке на одну головку 4500–5000 Н) и низкую точность взаимного расположения головок и ригеля засова (соединения расшатываются вручную). Проблема заключается в отсутствии рекомендаций по сварке указанных соединений, т.к. они относятся к пакетным соединениям (соединения, свариваемые за один цикл сварки в результате параллельного протекания сварочного тока через заготовки с параллельным образованием трех литых зон). В заводской лаборатории ранее исследовалась возможность контактной точечной сварки засовов замков сувальдных, однако, удовлетворительного результата получено не было.

Для решения данной проблемы предложен новый подход к экспериментальному определению оптимальных параметров режима рельефной сварки засовов на основе автоматического регулирования длительности протекания сварочного тока, при ступенчатом введении расчетной энергии в зону сварки на каждом из трех этапов формирования сварного соединения.

На основании этих исследований даны рекомендации по выбору оптимальных параметров режима рельефной сварки засовов с целью исключения дефектов типа "выплеск" или "непровар" и снижения потребляемой силовой электроэнергии.

Разработанный технологический процесс сварки указанных соединений позволил добиться высокой точности расположения головок относительно ригеля. Минимальное отклонение от параллельности головок после сварки гарантируется жестким закреплением их в специально разработанном приспособлении. При этом прочность соединений по сравнению со штамповкой увеличилась в 2,3–2,5 раза.

УДК 624.012.45  
ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ БАЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ  
ЭЛЕМЕНТОВ С ВНЕШНИМ ЛИСТОВЫМ АРМИРОВАНИЕМ

А. П. ЯКУШЕВА  
Научный руководитель С. Д. СЕМЕНЮК, д-р техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Использование внешнего листового армирования предполагает надежное объединение бетона с армирующим опорным листом. Существующие способы объединения, в одних случаях, связаны с применением сложной технологии, в других – с проблемами обеспечения надежности и прочности контакта армирующего листа с бетоном, в третьих – с возникновением в технологическом процессе температурных напряжений и деформаций. В этой связи разработка новых конструктивных решений сталебетонных плит, свободных от отмеченных недостатков, и исследование их работы является важной задачей строительной отрасли.

Использование внешнего листового армирования является одним из перспективных направлений в области проектирования строительных конструкций. Практика применения конструкций с внешним листовым армированием говорит об их конкурентоспособности с традиционными железобетонными. Некоторые недостатки, обусловленные малой коррозионной стойкостью и огнестойкостью, могут быть преодолены применением различных защитных покрытий.

Можно сделать вывод, что существенной проблемой сталебетонных конструкций является объединение опорного стального листа с бетоном. Этот вопрос требует детального рассмотрения и новых решений. Кроме того, проведенный анализ показал необходимость дальнейшего совершенствования методики расчета изгибаемых элементов с внешним листовым армированием.

Также на основании обзора необходимо отметить, что расчет напряженно-деформированного состояния сталебетонных изгибаемых элементов с внешним листовым армированием наиболее целесообразно выполнять с использованием метода конечных элементов (МКЭ), который позволяет с достаточной точностью и с наименьшими затратами времени производить расчет задач такого класса с использованием современных ЭВМ. Кроме того, применение МКЭ позволяет не только оценить напряженно-деформированное состояние, но и обосновать схему разрушения конструкции.



УДК 691.5:666.96  
ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНОГО ПОЛИМЕРНОГО  
СЫРЬЯ В ФИБРОБЕТОНАХ

Е. С. ХМЕЛЬНИЦКИЙ, Т. А. ПОПКОВА, А. Г. БЕВЗ  
Научный руководитель Р. П. СЕМЕНЮК  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Одним из наиболее эффективных методов по улучшению прочностных характеристик бетонов, используемых в строительстве стеновых конструкций, поверхностей промышленных стяжек, кровель, а также различных штукатурных смесей является использование полимерной фибры.

Под названием «фибра» подразумеваются волокна из металла, обрезки тонкой стальной проволоки, отходы гвоздевого производства, минеральные и органические наполнители – в виде непрерывных нитей (сеток, тканей и др.), а также из стекла, полимеров.

Известно, что арматурная сетка уменьшает количество усадочных трещин только на 6 %, а полимерные волокна – на 60–90 %. Волоконная фибра используется специально для более эффективного предотвращения образования трещин в бетоне.

Исследовалась возможность использования вторичного полимерного сырья в качестве фибры для бетонов, получаемых на заводе по переработке вторичных ресурсов.

Исследования проводились по стандартной методике. Была изготовлена серия образцов с различным соотношением компонентов на цементном вяжущем. Испытания проводились в возрасте 7, 14, 28 суток.

Полимерная фибра совместима со всеми видами добавок для бетонов и растворов и устойчива к температурным циклам при ускоренном производстве бетонных изделий.

Фибру и смеси на цементном вяжущем можно перемешивать в любом типе смесителей (принудительного или гравитационного типа), в том числе типа миксер, установленных на автомашину, при этом не возникает никаких проблем, связанных с их неполным диспергированием в смеси (образованием неравномерно распределенных и перепутанных в смеси пучков волокон).

Используя полимерную фибру можно снизить микропластическую усадку и трещинообразование; повысить устойчивость к замораживанию-оттаиванию; повысить сопротивление удару; устойчивость к истиранию, водостойкость; предотвратить расслоение бетонной смеси; улучшить качество поверхности бетона.

УДК 621.791.763  
ОСОБЕННОСТИ СВАРКИ РАЗНОРОДНЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Е. А. ФЕТИСОВА  
Научный руководитель А. Г. ЛУПАЧЁВ, канд. техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

При сварке сталей разных структурных классов из-за существенного различия их коэффициентов линейного расширения в стыках возникают поля собственных напряжений, не снимаемые термообработкой. При длительной эксплуатации сварного соединения таких сталей в условиях высокой температуры в зоне сплавления изменяется структура соединяемых металлов с образованием прослоек, создающих структурную неоднородность. Изменение структуры сплавляемых металлов может быть настолько сильным, что существенно снизятся как статическая и циклическая прочность, так и пластичность. В результате совместного действия термических и рабочих напряжений от давления, а также остаточных сварочных напряжений и при наличии хрупких прослоек в соединении может произойти преждевременное (аварийное) разрушение сварного соединения.

Например, преждевременным выходом из строя технологического трубопровода, изготовленного из перлитной стали 15Х5М на ОАО «Мозырский НПЗ» явилось разрушение сварных соединений, выполненных аустенитными электродами АНЖР-2. Причиной разрушения послужила восходящая диффузия углерода из перлитной стали в аустенитный наплавленный металл из-за различия концентрации углерода в сталях. В результате массопереноса углерода в перлитной стали образуется обезуглероженный слой, а со стороны аустенитного шва присутствует значительное количество карбидов хрома, что способствует охрупчиванию зоны сплавления.

В ходе проведенных теоретических исследований и моделирования сварного соединения, было установлено, что уязвимым местом является участок линии сплавления в корне шва, где из-за различных коэффициентов линейного расширения основного металла и металла шва наблюдаются наибольшие деформации и концентрация напряжений.

С целью снижения массопереноса углерода предлагается наносить плакированный слой на кромки перлитной стали из сварочных материалов не образующих карбиды.

В результате моделирования распределения температур в металле было установлено, что изотерма 850 °С (точка  $A_{c3}$ ) распространяется в глубь металла на 6 мм, а время пребывания детали при такой температуре 20–30 с, поэтому толщина плакированного слоя должна быть не менее 6 мм.

УДК 621.791  
РЕМОНТ КРОНШТЕЙНОВ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ «ОРНЕЛЬ» С  
ПОМОЩЬЮ ГИБРИДНЫХ ПАЯНО-СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Е. Н. ЦУМАРЕВ  
Научный руководитель В. К. ШЕЛЕГ, д-р техн. наук, проф.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Минск, Беларусь

В швейной промышленности находят широкое применение кронштейны транспортных систем, изготавливаемые из литейных алюминиевых сплавов системы Al – Si – Zn – Cu, указанные детали эксплуатируются в условиях вибрационной и ударных нагрузок, и часто выходят из строя. Замена этих деталей требует значительных финансовых затрат в иностранной валюте, а их ремонт с помощью сварки плавлением не обеспечивает требуемой долговечности и надежности в условиях поточной линии.

Опыт эксплуатации отремонтированных кронштейнов транспортной системы «Орнель» показал, что их разрушение происходит по месту перехода от выпуклости сварного шва к основному металлу. Наиболее вероятной причиной является концентрация рабочих напряжений.

С целью проверки данного утверждения и повышения долговечности отремонтированных деталей были проведены расчеты напряженно-деформированного состояния, которые показали высокую концентрацию рабочих напряжений в местах последующего разрушения деталей. Исследования были проведены методом конечных элементов с помощью программы ANSYS.

Для снижения концентрации напряжений отремонтированных деталей было предложено использование напаек из оловянно-свинцового припоя ПОС-40. Материал этого припоя имеет модуль упругости меньший, чем у основного металла и металла сварного шва, что заметным образом снижает максимальный уровень рабочих напряжений в зоне перехода выпуклости сварного шва к основному металлу. Важно отметить, что применяемый оловянно-свинцовый припой широко распространен, имеет невысокую стоимость и низкую температуру плавления.

Производственные испытания показали, что паяно-сварные соединения обладают более высокой долговечностью, чем соединения, отремонтированные сваркой.

УДК 624.12:539.432  
ПРОЧНОСТНЫЕ И ДЕФОРМАТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА ОБЪЕМНЫМ ВЕСОМ 24 кН/м<sup>3</sup>

И. С. ФРОЛКОВ, Г. А. ДИВАКОВА, М. Г. МАМОЧКИНА  
Научный руководитель С. Д. СЕМЕНЮК, д-р техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

При прогнозировании работы железобетонных конструкций зданий и сооружений, работающих в условиях как элементарного, так и сложного деформирования, необходимо учитывать упругопластические характеристики бетона, такие как модуль продольных и поперечных деформаций, модуль сдвига, коэффициент Пуассона, верхний и нижний пределы микротрещинообразования бетона. С этой целью были заформованы и испытаны четыре серии образцов в виде кубов и призм на кратковременное центральное сжатие в соответствии с ГОСТ 24452-80\*.

Результаты экспериментальных и теоретических исследований прочностных и деформативных свойств тяжёлого бетона при кратковременном центральном сжатии отражены в табл. 1.

Табл. 1. Характеристика бетона испытанных образцов и статистика их линейных корреляционных зависимостей

Серия, №	Возраст t, сут	$f_{c,cube}^c$ , МПа	$f_{ck}$ , МПа	$f_{сгс}^v$		$f_{сгс}^u$		Зависимость	Уравнение, МПа	r	r/m <sub>r</sub>
				$\eta$	МПа	$\eta$	МПа				
1	28	23,3	18,7	0,75	14,0	0,48	8,95	$E_{c(\sigma)}-\eta$	$3,093(1 - 0,034 \sigma)$	-0,9795	86,952
								$E_{v(\sigma)}-\eta$	$17,27(1 - 0,043 \sigma)$	-0,9855	123,32
								$G_c-\eta$	$1,34(1 - 0,037 \sigma)$	-0,9883	152,52
2	253	36,2	28,65	0,842	24,13	0,57	16,33	$E_{c(\sigma)}-\eta$	$3,02(1 - 0,018 \sigma)$	-0,9979	832
								$E_{v(\sigma)}-\eta$	$29,43(1 - 0,027 \sigma)$	-0,8381	9,7
								$G_c-\eta$	$1,452(1 - 0,02 \sigma)$	-0,9901	173,7
3	84	20,04	16,22	0,73	11,85	0,47	7,62	$E_{c(\sigma)}-\eta$	$2,89(1 - 0,047 \sigma)$	-0,7949	7,48
								$E_{v(\sigma)}-\eta$	$23,39(1 - 0,058 \sigma)$	-0,9028	16,9
								$G_c-\eta$	$1,278(1 - 0,051 \sigma)$	-0,9947	328
4	28	21,25	17,2	0,74	12,70	0,473	8,56	$E_{c(\sigma)}-\eta$	$3,85(1 - 0,039 \sigma)$	-0,9896	168
								$E_{v(\sigma)}-\eta$	$22,15(1 - 0,049 \sigma)$	-0,9631	46,1
								$G_c-\eta$	$1,65(1 - 0,041 \sigma)$	-0,9879	143

**Вывод:** зависимости, полученные методом линейного корреляционного анализа: модуль продольных деформаций – уровень нагружения, модуль поперечных деформаций – уровень нагружения, модуль сдвига – уровень нагружения; пределы верхнего и нижнего микротрещинообразования бетона можно использовать при прогнозировании работы железобетонных конструкций, работающих в условиях как элементарного, так и сложного деформирования.

А. В. ФЁДОРОВ

Научный руководитель А. П. ЛАЩЕНКО, канд. техн. наук, доц.

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

Минск, Беларусь

В настоящее время практика трассирования автомобильных дорог на заболоченных территориях основывается на интуитивном и, в лучшем случае, двух и трехвариантном решении переходов через отдельные или наиболее сложные участки.

Многообразие факторов, влияющих на положение автомобильных лесовозных дорог в плане, создает условия многовариантности, следовательно, получение оптимального варианта трассы автомобильной дороги связано с необходимостью переработки большого объема информации, возможной только с использованием современной вычислительной техники.

В этом случае, одним из основных вопросов в рассматриваемой задаче является решение математической аппроксимации местности или разработка цифровой модели территории.

Математическая постановка для разработки алгоритма рассматриваемой задачи сводится к следующим инструкциям.

1. Территория представляется в форме координатной сетки размерностью  $m \times n$ . Каждому узлу сетки соотносится стоимостный функционал, характеризующий стоимость строительства одного километра дороги в данном узле сетки. Из данной сетки можно получить нумерованный граф, соединив ребрами вершины, расположенные на сторонах и диагоналях квадратов сетки.

2. Каждому ребру полученного графа можно соотнести стоимость  $z_{ij}$  строительства дороги между  $i$  и  $j$  узлами координатной сетки, равную среднему арифметическому от стоимости единицы длины дороги в этих узлах, умноженному на расстояние между ними:

$$z_{ij} = \frac{z_i + z_j}{2} \cdot l_{ij}, \quad (1)$$

где  $z_{ij}$  – стоимость строительства дороги вдоль ребра графа между  $i$  и  $j$  узлами сетки;  $z_i, z_j$  – стоимость строительства одного километра дороги в  $i$  и  $j$  узлах сетки;  $l_{ij}$  – расстояние между  $i$  и  $j$  узлами сетки.

3. Решение задачи заключается в нахождении на заданной координатной сетке пути, с минимальной стоимостью приведенных затрат на строительство дороги, между корреспондирующими пунктами  $A$  и  $B$ .

Е. В. ЗАРОВЧАТСКАЯ

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

Государственное учреждение высшего профессионального образования

«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Эффективность строительного производства во многом определяется учетом динамики технико-экономических показателей строительных и дорожных машин (СДМ) на этапе эксплуатации их жизненного цикла. Широко распространенный вероятностный подход к планированию и организации использования СДМ дает хорошие результаты для парка в целом и для отдельных машин при их наработке с начала эксплуатации не превышающей половину их среднего ресурса. При дальнейшем увеличении наработки основные технико-экономические показатели (производительность, себестоимость машино-часа, себестоимость единицы продукции, количество рабочего времени, прибыль и др.) могут изменяться в разы для отдельных машин. Применение средних значений для планирования и организации их использования приводит к значительным ошибкам и невозможности определить целесообразность эксплуатации, ремонта или списания машины.

Для СДМ важно определять рациональную наработку и оптимальную продолжительность эксплуатации для получения максимальной прибыли от их использования. Изменение выходных параметров СДМ зависит от множества факторов на стадии проектирования, производства и эксплуатации. Сочетание этих факторов определяет разную динамику выходных параметров в процессе эксплуатации конкретной машины.

Индивидуальный учет эксплуатации машин позволит определять себестоимость машино-часа, эксплуатационную производительность, полезную наработку, прибыль и полезный срок службы с учетом суточного режима работы и проведения капитальных ремонтов.

Определяя фактическое значение прибыли за каждый месяц эксплуатации СДМ можно выявить динамику ее изменений за квартал, год и оценить эффективность эксплуатации данной машины. При сильном снижении экономического эффекта за длительный промежуток времени можно принимать решение о проведении диагностики машины с последующим ее ремонтом или ставить вопрос о целесообразности списания убыточной машины. В итоге эксплуатация, ремонт или списание машины будут экономически обоснованными.

В. И. КОЗЛОВСКИЙ

Научный руководитель П. Е. ВАЙТЕХОВИЧ, д-р тех. наук, проф.  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

В последнее время в зарубежной и российской литературе появилось довольно много информации по исследованию шаровых мельниц с мешалками, которые применяются в различных отраслях промышленности для измельчения частиц до микронных размеров и даже менее 1 мкм. Поэтому объектом исследования в работе выбрана шаровая мельница с мешалкой горизонтально типа. Измельчающие тела представляли собой чугунные шарики диаметром 1 мм, которые заполняют рабочую камеру до 90 %. В качестве измельчаемых материалов использовались материалы с различной размолотоспособностью (мел, каолин, гидратированный диоксид кремния).

Основным параметром была выбрана эффективность диспергирования  $E$ , которая рассчитывалась по формуле (1):

$$E = (100 - R), \quad (1)$$

где  $R$  – доля продукта, превышающего какой-то определенный размер, %.

В результате исследований измельчения материалов с различной размолотоспособностью в шаровой мельнице с мешалкой установлен дисперсный состав конечного продукта. Получены их суммарные характеристики, по которым можно определить выход любого класса крупности. Проанализирована кинетика измельчения материалов в шаровой мельнице с мешалкой и получены уравнения для расчета изменения дисперсного состава конечного продукта во времени.

Установлено, что при работе мельницы в периодическом режиме, исходный продукт размером 0,2–3 мм в течение 5–30 минут может быть доведен до частиц размером 0,2–50,0 мкм. В некоторых случаях минимальный размер не превышает 30 мкм, а 80 % этих частиц – меньше 10 мкм.

При работе мельницы в непрерывном режиме были получены зависимости эффективности диспергирования от производительности для фракции менее 10 мкм, которые имеют почти линейный характер для каждого материала. Так же наблюдалось, что эффективность диспергирования уменьшается с увеличением производительности.

Полученные данные свидетельствуют о высокой эффективности измельчения в шаровой мельнице с мешалкой, которая может быть применена в различных отраслях промышленности.

А. А. ПОДДУБНЫЙ

Научный руководитель А. В. ЯРОВАЯ, д-р физ.-мат. наук, доц.  
Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»  
Гомель, Беларусь

Рассматривая трехслойные панели, контактирующие с упругим основанием, необходимо учесть, что в процессе их эксплуатации, по ряду причин, возможно появление зазора между конструкцией и основанием.

Рассчитывается прямоугольная трехслойная панель (рис. 1, а), на верхний внешний слой которой действуют распределенные поверхностные нагрузки, погонные силы и моменты, не меняющиеся вдоль оси  $y$  (рис. 1, б). Панель опирается на участки упругого основания в виде трех полос различной жесткости.

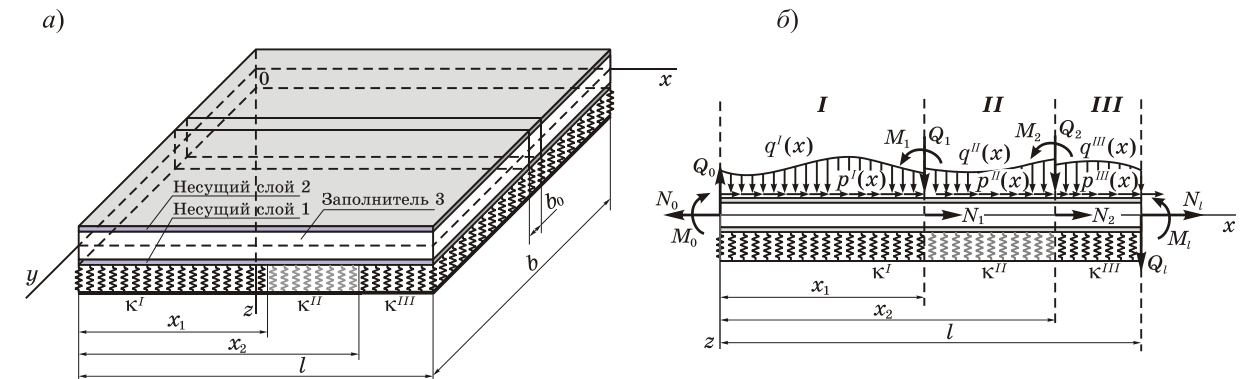


Рис. 1. Расчетная схема прямоугольной трехслойной панели

С помощью принципа возможных перемещений на каждом участке ( $n = I, II, III$ ) выводится своя система дифференциальных уравнений. Из условий сопряжения решений на границах участков, определяются константы интегрирования. Далее определяются перемещения – прогиб  $w^n(x)$  и продольное перемещение  $u^n(x)$  срединной плоскости заполнителя на  $n$ -м участке, а также дополнительный угол поворота нормали в заполнителе  $\psi^n(x)$ , возникающий из-за его работы на сдвиг. По перемещениям находятся деформации, внутренние усилия и напряжения.

Таким образом, разработанная методика позволяет рассчитывать конструкции из современных полимерных и композиционных материалов, схемы которых приняты в виде трехслойной прямоугольной панели, работающей в условиях цилиндрического изгиба, при их полном и частичном опирании на упругое основание.

УДК 624.131.1  
КОМПОЗИЦИОННОЕ ВЯЖУЩЕЕ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ДОРОЖНЫХ  
ГРУНТОВ

А. И. НАУМЕНКО

Научный руководитель П. А. ЛЫЩИК, канд. техн. наук, проф.

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

Минск, Беларусь

Ежегодно в Республике Беларусь заготавливается и вывозится автотранспортом из лесных массивов около 14 млн м<sup>3</sup> древесины. Перспективными планами развития лесной отрасли предусматривается наращивание заготовок лесопродукции. Увеличение объемов лесозаготовок требует ежегодного строительства более 150 км лесных автомобильных дорог круглогодичного действия. В большинстве лесных районов, где ведутся лесозаготовки, возведение земляного полотна лесных дорог осуществляется из грунтов боковых резервов, водоотводных канав и притрассовых карьеров. Данные грунты, как правило, малопригодны или не пригодны для данных целей. Более сложной проблемой является поиск дорожно-строительных материалов для устройства дорожной одежды.

Одновременно лесная отрасль ежегодно пополняется современными лесовозными автопоездами большой грузоподъемности, способных перевозить более 30 м<sup>3</sup> древесины. Лесовозный автопоезд является многоосным тяжелым транспортным средством, эксплуатация которого с высокими транспортно-эксплуатационными показателями требует прочных дорожных конструкций. Создание таких конструкций может быть основано на применении вяжущих материалов, повышающих прочность грунтов и дорожно-строительных материалов.

В настоящее время для улучшения свойств грунтов используют гравийные и щебеночные материалы, минеральные и органические вяжущие, отходы промышленных производств.

Для улучшения свойств грунтов и снижения капиталовложений на строительство лесных автомобильных дорог авторами предлагается использовать комплексное минеральное вяжущее на основе портландцемента с микронаполнителями. В качестве наполнителей рекомендуются тонкомолотые гранитоидные отсеvy Микашевичского карьера и твердые отходы асбестоцементных изделий (АЦИ), ОАО «Красносельскстройматериалы» и ОАО «Кричевцементношифер». Данные наполнители являются отходами вышеприведенных производств и их объем ежегодно составляет 850–1000 т.

Проведенные экспериментальные исследования по определению влияния содержания твердых отходов АЦИ и гранитоидных отсевов на прочностные характеристики вяжущего, позволили разработать оптимальный состав композиционного вяжущего и оптимизировать его количество для различных грунтов.

УДК 621.926  
ОСНОВЫ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОЛОТКОВЫХ ДРОБИЛОК  
С НАКЛОННЫМ КОРПУСОМ

Н. В. КУРОЧКИН

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

Государственное учреждение высшего профессионального образования

«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Основные конструктивные параметры молотковых дробилок принимаются по общеизвестным аналитически выведенным соотношениям.

Производительность дробилки определяется рядом последовательных операций разрушения и перемещения материала в рабочей камере. Максимальная производительность будет достигаться тогда, когда после каждого контакта ударного элемента с частицей материала она полностью удаляется из соответствующих зон измельчения.

Мощность электродвигателя дробилки определяется как сумма мощностей затрачиваемых на перемещение материала, на дробление, на аэродинамические потери и на трение в элементах конструкции.

При планировании экспериментальных исследований за исходные данные будут приниматься: размер обрабатываемых частиц; линейная скорость ударных элементов; количество ярусов ударных элементов и угол наклона корпуса. Выходными данными будут производительность, фракционный состав частиц готового продукта и энергоемкость процесса.

Дробилки ударного действия с наклонным ротором являются агрегатами для переработки широкого спектра материалов в режиме, прежде всего, «мелкое дробление – грубый помол», «мелкое дробление – диспергирование смешивание», «мелкое дробление – грубый помол – механоактивация», «селективное измельчение».

Предпочтительная область применения дробилки – предварительное измельчение сырья в циклах многостадийных переработок; домол различных компонентов, прежде всего сырьевых; приготовление формовочных составов и смесей; переработка отходов производства; селективное дробление. А выполнение ударных элементов в виде ножей или фрез дает возможность производить переработку волокнистых и пленочных материалов, растительного сырья, пластмасс и др.

А. А. РОМАЧКО

Научный руководитель И. В. ЛЕСКОВЕЦ, канд. техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Конструкции современных самосвалов предполагают использование колесных формул:

- 4x4 с одним или двумя ведущими мостами;
- 6x4 с двумя ведущими мостами и одним управляемым;
- 6x6 с тремя ведущими мостами и одним управляемым.

В специализированной технике могут использоваться другие соотношения с разным количеством ведущих и управляемых мостов.

Самосвалы, выпускаемые ОАО БеЛАЗ, эксплуатируются в основном в карьерах по добыче полезных ископаемых, что определяет требования к конструкциям машин такие, как высокая грузоподъемность и небольшие габаритные размеры.

На могилевском филиале ОАО БеЛАЗ «Могилевский автомобильный завод им. С. М. Кирова» запланирован выпуск самосвала грузоподъемностью 36 т. Одной из задач, стоящих при проектировании является выбор рациональной конструкции привода задних колес. До настоящего времени в аналогичных конструкциях применялись классические схемы, предполагающие использование мостов, состоящих из литой балки с встроенным механизмом привода колес, содержащих редуктор, дифференциал и привод колес.

Конкуренция производителей на рынке самосвалов требует от производителей техники применения современных технических решений, обеспечивающих низкую стоимость, малую массу, надежные эксплуатационные характеристики. Некоторые производители самосвалов применяют оригинальные технические решения, предполагающие использование независимой подвески задних колес (Татра), электромеханического привода (БеЛАЗ) и др.

С целью выбора рациональной конструкции подвески приводных колес самосвала предлагается провести анализ возможностей изготовления, ценовых качеств, эксплуатационных характеристик подвесок классической компоновки (с использованием мостов), с промежуточным редуктором и балансирной подвеской, с балансирной подвеской и гидроприводом. На основе результатов анализа спроектировать привод ведущих мостов.

Ю. Г. МОСКАЛЬКОВА, М. А. КЛИМЕНКОВА, Д. Д. САКОВИЧ

Научный руководитель Р. П. СЕМЕНЮК  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Ассортимент строительной продукции, представленной на рынках Беларуси необычайно широк и разнообразен, но продукции импортного производства. Не всегда белорусский потребитель может выбрать из этого многообразия товаров тот, который сможет удовлетворить все его запросы: быть экологически безопасным, надлежащего качества, простым в эксплуатации, дешевым, а также действительно быть белорусским.

В последние годы, с развитием технологий производства отделочных материалов в Республике Беларусь, взят курс на замещение импорта и экономичное использование ресурсов нашей страны. Выйти сегодня на рынок с абсолютно новым товаром довольно сложно. Нужно предложить такой товар, который будет обладать достаточно уникальными свойствами, будет лучше импортных товаров, будет дешевле. Таким товаром на рынке строительных отделочных материалов могут стать штукатурные смеси с использованием вторичного сырья текстильных производств.

В данном проекте, авторы, руководствуясь принципом импортозамещения, начинают производство штукатурных смесей, опираясь на исследования, которые предлагают использовать, в качестве основного компонента не целлюлозу, а вторичное сырье. Отходы хлопка, которые можно приобрести по низким ценам у местных производителей, дают возможность предложить ценовой диапазон более приемлемый на местном рынке. Уникальная методика позволяет использовать материал на основе отходов текстильного производства и другого вторичного органического сырья, а также полимерного связующего.

Невысокая стоимость штукатурных смесей после расчетов составила 39,9 тыс. р. на 3м<sup>2</sup>. При пересчете на 1м<sup>2</sup> – стоимость составит 13,3 тыс. р. Проведя расчеты показателя «Точка безубыточности» - это объем реализации продукции равный затратам на производство и сбыт продукции в натуральных единицах получили значение равное 556 кг. При производительности оборудования 5 кг/час можно утверждать, что проект может начать приносить прибыль уже через несколько месяцев. Однако необходимо сделать массивную рекламную кампанию, информирующую потенциальных потребителей о характеристиках, свойствах, возможностях новых отделочных строительных материалов.

УДК 624.012

КОРРЕКТИРОВКА ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ТОЧЕК ДИАГРАММЫ  
ДЕФОРМИРОВАНИЯ БЕТОНА С УЧЕТОМ МАЛОЦИКЛОВОГО  
НАГРУЖЕНИЯ

Ю. Г. МОСКАЛЬКОВА

Научный руководитель С. Д. СЕМЕНЮК, д-р техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Описание трансформированных диаграмм деформирования бетона основано на следующем подходе: характер диаграммы деформирования бетона не изменяется, а возникает необходимость корректировки ее базовых параметрических точек ( $f_c$ ,  $\varepsilon_{c1}$ ,  $\varepsilon_{cu}$ ) путем введения частных коэффициентов, полученных, как правило, эмпирическим путем.

Для корректировки значения прочности бетона предложен коэффициент условий работы  $\gamma_{c,cyc}$ , учитывающий неблагоприятное воздействие малоцикловых нагрузений:

$$\gamma_{c,cyc} = 0,97 \sqrt{\eta_{cre}^v} - 0,3 \ln \eta_{top} . \quad (1)$$

Предложенная зависимость обеспечивает удовлетворительную сходимость с экспериментальными данными (в пределах 15 %).

По уточненному значению прочности  $f_{c,cyc}$  могут быть определены относительные деформации  $\varepsilon_{c1,cyc}$ , соответствующие пиковой точке трансформированной диаграммы деформирования бетона.

Согласно ТКП EN 1992-1-1-2009 относительные деформации  $\varepsilon_{c1,cyc}$ , соответствующие пиковой точке диаграммы деформирования бетона, определяются в зависимости от значения его прочности по формуле

$$\varepsilon_{c1,cyc} = 0,7 f_{c,cyc}^{0,31} \leq 2,8 . \quad (2)$$

Предельные относительные деформации:

$$\varepsilon_{cu,cyc} = \left( 1 + \frac{20}{f_{c,cyc}} \right) \cdot \varepsilon_{c1,cyc} \leq 3,5 . \quad (3)$$

Предложенные зависимости для определения модуля упругости обеспечивают достаточную сходимость с экспериментальными данными (4–15 %).

УДК 621.33

ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ  
ФРИКЦИОНАМИ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

В. С. САВИЦКИЙ

Научный руководитель В. П. ТАРАСИК, д-р техн. наук, проф.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

При управлении фрикционами необходимо осуществлять непрерывное регулирование величины давления рабочей жидкости, подаваемой в гидроцилиндры включаемого и выключаемого фрикционов. Для этого обычно используют электрогидравлический механизм управления фрикционами (МУФ), выполненный по двухкаскадной схеме.

Первый каскад составляет пилотная ступень, а второй каскад обеспечивает усиление сигнала управления, формируемого пилотной ступенью. Пилотная ступень – это клапанное устройство, состоящее из пропорционального электромагнита и редукционного гидроклапана с обратной связью по давлению в его выходном канале. Второй каскад выполнен в виде трехлинейного дросселирующего многопозиционного гидрораспределителя с обратной связью по давлению на его выходе. Он усиливает управляющий сигнал пилотной ступени, и сформированный на его выходе сигнал в виде потока рабочей жидкости направляет в гидроцилиндр фрикциона.

При разработке конструкции второй ступени решались следующие задачи: определение диаметров поясков золотника; определение характеристик пружины; выбор полного хода золотника; выбор величины перекрытия дросселирующих щелей.

Были проведены испытания МУФ в лабораториях кафедры «Автомобили» и экспериментального цеха БелАЗ. Установлено, что на качество процессов функционирования МУФ наибольшее влияние оказывают коэффициент жесткости пружины, соотношение диаметров поясков золотника и величина перекрытия дросселирующих щелей. Жесткость пружины определяет частоту собственных колебаний золотника. Чем больше коэффициент жесткости, тем выше собственная частота и меньше амплитуды колебаний регулируемого давления. Соотношение диаметров поясков золотника влияет на коэффициент усиления регулятора. С увеличением коэффициента усиления снижаются показатели устойчивости регулятора. Испытания показали, что при отрицательном перекрытии дросселирующих щелей достигается более высокое качество регулирования давления, чем при положительном.

УДК 625.8

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ  
И ГИДРОСИСТЕМ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

И. Ю. ХАДКЕВИЧ

Научный руководитель С. А. РЫНКЕВИЧ, д-р техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Для поддержания гидропривода машин в исправном и работоспособном состоянии и своевременном обнаружении внезапно возникшего отказа необходимо периодически контролировать техническое состояние гидравлического оборудования. Средства технической диагностики позволяют своевременно обнаружить возможность внезапного отказа, распознать характер и место скрытой неисправности, предотвратить повреждения гидрооборудования, последующий ремонт и простой машины до восстановления работоспособного состояния.

Высокая эффективность эксплуатации машин напрямую зависит от степени и качества использования современных методов и средств диагностирования таких как: бортовые электронные комплексы, современные передвижные станции и посты, создание машин со встроенными микропроцессорными средствами и др., а также от рационального выбора диагностических параметров.

Выбор диагностических параметров производят разными способами. В качестве обобщенных диагностических параметров чаще всего используют параметры технического состояния сборочной единицы или машины в целом, значения которых регламентированы технической документацией на данный объект. Например, обобщенным диагностическим параметром насоса гидравлического привода может быть значение полного КПД или коэффициента подачи. Допустимые и предельные значения этих параметров приводятся в паспортах насосов.

При выборе из нескольких параметров учитывают информативность (т. е. насколько полно выбранный параметр характеризует состояние объекта диагностирования), а также сложность их измерения.

При выборе диагностических параметров для оценки технического состояния гидравлических приводов машин следует учитывать требования эффективности контроля и оптимизации системы диагностирования. Диагностические параметры должны, прежде всего, иметь однозначную связь с состоянием объекта диагностирования. Однако следует учитывать, что изменение диагностических параметров происходит не только вследствие изменения технического состояния объекта, но и вследствие изменения условий диагностирования.

УДК 691.32-033.33

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ И  
ДЕФОРМАТИВНОСТИ ЛЕГКИХ КОНСТРУКЦИОННЫХ БЕТОНОВ

И. И. МЕЛЬЯНЦОВА

Научный руководитель С. Д. СЕМЕНЮК, д-р техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Бетон и железобетон в различных его модификациях есть и в перспективе будет одним из основных строительных материалов. Легкие бетоны средних классов широко используются в промышленном и гражданском строительстве, в частности, в монолитном домостроении, а также для производства стеновых панелей сельскохозяйственных, промышленных и гражданских зданий.

В ходе проведения испытаний были запроектированы образцы из легкого бетона для определения их прочностных и деформативных характеристик. Проведены 2 серии экспериментальных исследований. Образцы испытывались в возрасте 7, 14, 28, 60 и 90 суток. В каждой серии было запроектировано по 12 призм размерами 150×150×600 мм, 9 кубов размерами 150×150×150 мм, 10 кубов размерами 100×100×100 мм и 16 цилиндров диаметром 150 мм и высотой 300 мм.

Бетонную смесь приготавливали в лабораторных условиях вручную. Составы дозировали по весу. Распалубливание проводилось на пятые сутки.

Определение прочности бетона и кинетику его роста производили в соответствии с требованиями ГОСТ 10180-90 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам». Теоретическая обработка результатов экспериментальных исследований проводилась при помощи линейного корреляционного анализа.

После испытания серии кубов в возрасте 28 суток оказалось, что прочность образцов первой серии соответствует классу бетона CL 10/12,5, а прочность образцов второй серии – CL 16/20. При этом состав исследуемого бетона в первой серии Ц:П:Г=1:2,41:1,38 при водоцементном отношении В/Ц=0,55, во второй серии – Ц:П:Г=1:1,83:0,79 при водоцементном отношении В/Ц=0,46.

Анализ данных экспериментальных исследований позволяет исследовать прочностные и деформативные характеристики легких конструкционных бетонов средних классов, а также получить трансформированные диаграммы деформирования легкого бетона и выявить его нормативные и расчетные характеристики.



И. С. МЕЛЬНИКОВА

Научный руководитель И. И. ЛЕОНОВИЧ, д-р техн. наук, проф.  
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Трещиностойкость – способность дорожного покрытия сопротивляться образованию на нем трещин под действием транспортных нагрузок и изменяющихся погодноклиматических условий (один из параметров, характеризующих надежность покрытия автомобильных дорог).

Для оценки трещиностойкости могут быть использованы как теоретические, так и экспериментальные методы. В качестве теоретических наиболее приемлемым является метод конечных элементов (МКЭ). Проведенные исследования шестнадцати различных дорожных конструкций, с целью установления причин появления трещин, подтверждают целесообразность использования МКЭ. При исследовании в качестве транспортной нагрузки задано давление двускатного колеса тяжелого грузового автомобиля КАМАЗ-65117 с нагрузкой на заднюю ось 115 кН, в качестве температурной нагрузки – температура на поверхности покрытия –20 °С. Теоретическое исследование показало, что для предотвращения образования трещин целесообразным является устройство прослоек из геосинтетических материалов между конструктивными слоями, а при капитальном ремонте, для трещиностойкости слоев усиления, эффективен способ перекрытия совместно с термопрофилированием.

Экспериментальная оценка трещиностойкости дорожных покрытий может быть произведена путем мониторинга за состоянием дороги и установлением закономерностей появления трещин. Автором экспериментальная оценка была проведена совместно с учеными Института дорог при Вильнюсском техническом университете им. Гедиминаса на экспериментальной дороге в пос. Пагирай, состоящей из 27-ми секций различных конструкций дорожных одежд.

Как теоретические, так и экспериментальные исследования показывают, что трещины дорожных покрытий появляются в результате недостаточной прочности конструкций, несоответствий использованных материалов для устройства конструктивных слоев. Обеспечить трещиностойкость можно путем использования щебеночно-мастичных асфальтобетонов, а для фиксации конструктивных слоев и с целью восприятия растягивающих напряжений, которые являются основным фактором при образовании трещин, целесообразно использовать геосинтетические материалы (геотекстиль, георешетки и др.).

А. А. ВОЛОЩУК

Научный руководитель В. А. КИМ, д-р техн. наук, проф.  
Учреждение образования  
«БРЕСТКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Брест, Могилев, Беларусь

Использование методов моделирования динамики движения колесных машин на стадии их проектирования позволяет существенно повысить эксплуатационные качества машин. Моделирование динамики движения колесных машин требует разработки математических моделей, включающих расчетные схемы и дифференциальные уравнения движения, отражающих специфические особенности конструкции машин и их массо-геометрические параметры. Основой математической модели являются дифференциальные уравнения движения и расчетная схема. Для составления уравнений динамики движения колесных машин с позиционными геометрическими связями используются методы классической механики. При разработке математических моделей колесных машин с неголономными связями используются методы аналитической механики. В большинстве случаев математические модели с позиционными связями отличаются расчетными схемами, которые акцентируют внимание на специфические особенности конструкций машин. Основой составления дифференциальных уравнений движения с позиционными геометрическими связями являются общеизвестные дифференциальные уравнения в проекциях на ортогональные оси координат [1]:

$$\begin{cases} M \cdot a_x = \sum_{i=1}^n F_x; \\ M \cdot a_y = \sum_{i=1}^n F_y; \\ M \cdot a_z = \sum_{i=1}^n F_z; \\ J_x \cdot \varepsilon_x = \sum_{i=1}^n M(F_i)_x; \\ J_y \cdot \varepsilon_y = \sum_{i=1}^n M(F_i)_y; \\ J_z \cdot \varepsilon_z = \sum_{i=1}^n M(F_i)_z, \end{cases} \quad (1)$$

Для механических систем с упруго-диссипативными связями, для составления дифференциальных уравнений движения (динамические уравнения) широкое применение получило уравнение Лагранжа второго рода [2]:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} = - \frac{\partial \Pi}{\partial q_i} - \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}_i} + Q_{q_i}. \quad (2)$$

Уравнение Лагранжа (2) позволяет автоматизировать процедуру составления дифференциальных уравнений движения механических систем за счет того, что исключаются реакции связей между массами системы. В то же время, способы вычисления кинетической энергии системы и обобщенных сил для каждой механической системы требуют учета специфических особенностей механической системы (особенности кинематических связей системы). Вычисление обобщенных сил  $Q_{q_i}$  также необходимо производить с учетом особенностей обобщенных координат (линейные, угловые, сферические, полярные и др.) и соблюдения принципа виртуальных перемещений.

Исследования курсового движения колесной машины требуют рассмотрения неголономных связей. Для получения замкнутой системы уравнений движения, кроме динамических уравнений необходимо составить уравнения неинтегрируемых уравнений кинематических связей колес с опорной поверхностью (неголономные связи).

Наибольшее применение для составления уравнений движения с неголономными связями получило уравнение Лагранжа 1-го рода с неопределенными множителями [1]:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} = - \frac{\partial \Pi}{\partial q_i} - \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}_i} + \lambda_i \frac{\partial f_j}{\partial \dot{q}_i} + Q_{q_i}. \quad (3)$$

Расчетные схемы математических моделей поезда в составе колесного трактора и полуприцепа необходимо рассматривать пространственные модели, так как они учитывают наличие балансирной балки переднего моста трактора МТЗ.

Выводы.

1. Математические модели колебаний масс колесных машин с упруго-диссипативными связями, обладающих остаточными деформациями необходимо представлять в виде модели Максвелла.

2. В качестве критерия устойчивости и управляемости колесных машин необходимо использовать предельные значения сил в контакте колес по условиям их сцепления с опорной поверхностью. Например, отклонения нормальных реакций колес машины от их статических нагрузок для тяговых, транспортных и тормозных режимов движения.

УДК 625.7  
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ЛИКВИДАЦИИ ТРЕЩИН  
В ДОРОЖНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЯХ

И. С. МЕЛЬНИКОВА

Научный руководитель И. И. ЛЕОНОВИЧ, д-р техн. наук, проф.  
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Трещина – разрушение дорожного покрытия, которое выражается в нарушении его сплошности и возникает от действия погодно-климатических факторов, транспортной нагрузки, или в результате нарушения технологии производства работ при устройстве дорожных одежд.

Деформации и напряжения, возникающие в слоях конструкции дорожной одежды под действием температурной и транспортной нагрузки, можно определить методом конечных элементов с учетом фактических параметров конструкций и физико-механических свойств материалов. Применение данного расчетного метода позволило оценить эффективность следующих способов устранения трещин: собственно герметизации, герметизации с разделкой, герметизации с разделкой и укладкой геосинтетического материала, разделки трещин с заполнением паза асфальтобетонной смесью.

Трещины с шириной раскрытия до 2 мм рекомендуется ремонтировать методом герметизации холодными или теплыми материалами.

Раскрытые в средней степени трещины (от 2 до 25 мм) рекомендуется перед герметизацией разделять на ширину 8–14 мм и глубину 15–20 мм при ширине раскрытия 2–12 мм, а также на ширину 14–25 мм и глубину 20–35 мм при ширине раскрытия 12–25 мм. Доказано, что разделка трещин шириной до 20 мм перед герметизацией позволяет на 20 % снизить возникающие растягивающие напряжения в верхней зоне слоя износа.

Частые трещины с разрушенными кромками шириной раскрытия свыше 25 мм и соседними мелкими трещинами рекомендуется устранять методом горячей регенерации на дороге, если эти трещины продольные, или методом модификации зоны повреждения (фрезерование поврежденной области с заполнением новой асфальтобетонной смесью).

При ремонте участков с сеткой трещин наиболее эффективным является удаление участка покрытия с последовательной укладкой в нижней зоне армирующей прослойки из геосинтетического материала (георешетки), заполнение теплой асфальтобетонной смесью. При этом георешетки должны иметь размер ячеек продольно/поперечно –  $\geq 10/10$  мм, прочность на растяжение продольно/поперечно –  $\geq 100/100$  кН/м, относительное удлинение при разрыве –  $\leq 4$  %.

Н. Н. ЛУКАШКОВ, В. Ю. ШУМИЛИН

Научный руководитель Л. И. САЗОНОВА

Государственное учреждение высшего профессионального образования

«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

В Республики Беларусь в зимний период времени наиболее распространенным противогололедным средством является песчано-солевая смесь. По данным на февраль 2013 г. дежурно-диспетчерской службой «Белавтодор», с начала зимнего периода на дороги Беларуси высыпали 452 тыс. т песчано-солевой смеси и около 62 тысяч тонн чистой соли.

Зимой соляной раствор распространяется в виде аэрозоли, которая концентрируясь на растениях, приводит к повреждению почек и некрозам коры (рис. 1). Соль наносит вред не только зеленым насаждениям, но и вызывает коррозию придорожных ограждений, столбов и дорожных знаков (рис. 2).



Рис. 1. Поврежденное дерево Рис. 2. Барьерное ограждение

На смену песку и соли авторы предлагают новое средство для борьбы с гололедом – гранитную крошку. Гранитная крошка – это мелкий щебень гранита, состоящий из зерен фракции 2–5 мм. Она безвредна для придорожных насаждений, а также не оказывает пагубного воздействия на обувь и транспортные средства. Гранитную крошку можно использовать многократно, просто собрав с дороги с наступлением весны. Перед использованием гранитную крошку не требуется специально подготавливать, а принцип действия довольно прост: при равномерном рассеивании на обледенелый участок тротуара или проезжей части зерна гранитной крошки впиваются в лед, тем самым повышая коэффициент сцепления дороги и подошвы (или покрышки), что и препятствует скольжению.

Ил. В. ДЕНИСОВ, С. В. ВДОВКИН

Научный руководитель Ю. В. БАЖЕНОВ, канд. техн. наук, проф.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«ВЛАДИМИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

им. А. Г. и Н. Г. Столетовых»

Владимир, Россия

По результатам эксплуатационных наблюдений установлено, что наработки на отказ резиновых втулок реактивных штанг, амортизаторов, регуляторов положения кузова, пневматических баллонов задней подвески автобуса ЛиАЗ-5256 хорошо согласуются с нормальным законом распределения случайной величины. Результаты анализа надежности элементов задней подвески ЛиАЗ-5256 представлены на рис. 1 в виде графиков, отображающих зависимости вероятностей их безотказной работы от наработки.

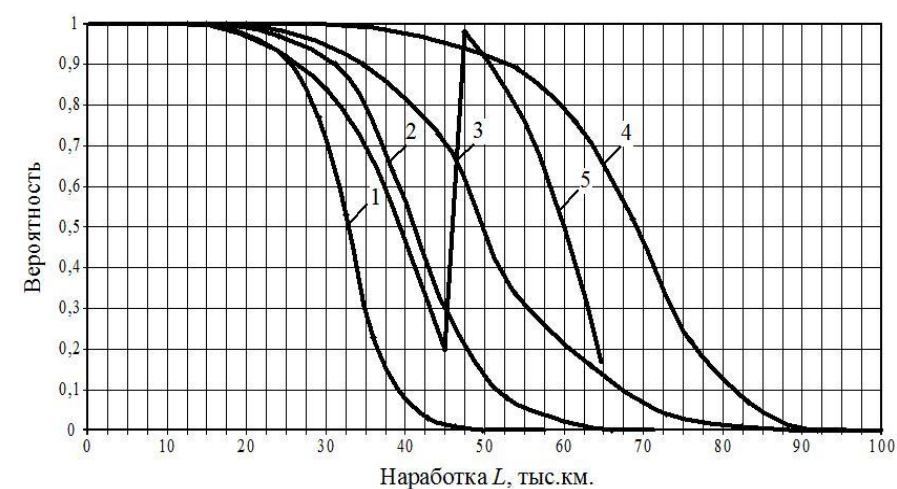


Рис. 1. Вероятности безотказной работы элементов задней пневматической подвески автобуса ЛиАЗ-5256: 1 – резиновые втулки реактивных штанг; 2 – амортизаторы; 3 – регуляторы положения кузова; 4 – пневматические баллоны; 5 – комплексная для всей задней подвески

В ходе теоретических и экспериментальных исследований получены формулы для определения комплексного показателя безотказности задней пневматической подвески автобуса ЛиАЗ-5256 (рис. 1, кривая 5):

$$P_1 = -0,00068L^2 + 0,01479L + 0,95861; P_2 = -0,00038L^2 - 0,00144L + 1,92917,$$

где  $P_1$ ,  $P_2$  – комплексная вероятность безотказной работы задней подвески автобуса ЛиАЗ-5256, рассчитываемая на наработке 0–50 тыс. км и 50–70 тыс. км соответственно;  $L$  – наработка, тыс. км.

УДК 629.113.004

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ  
РЕЗИНОВЫХ ВТУЛОК РЕАКТИВНЫХ ШТАНГ ЗАДНЕЙ  
ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ПОДВЕСКИ ЛИАЗ-5256 ПО ДОПУСТИМОЙ  
ВЕЛИЧИНЕ ПЕРЕКОСА БАЛКИ ВЕДУЩЕГО МОСТА

Ил. В. ДЕНИСОВ, С. В. ВДОВКИН

Научный руководитель Ю. В. БАЖЕНОВ, канд. техн. наук, проф.  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«ВЛАДИМИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. А. Г. и Н. Г. Столетовых»  
Владимир, Россия

Исследования эксплуатационной надежности задней пневматической подвески автобусов ЛиАЗ-5256 показали, что износы резиновых втулок реактивных штанг способствуют появлению необратимых смещений в направляющем аппарате и приводят к перекосу балки ведущего моста. Перекос осей автотранспортного средства (АТС) вызывает движение каждой из них по собственной траектории (радиусу), вследствие чего наблюдается смещение автобуса из коридора безопасности, увеличение интенсивности износа шин, повышенный расход топлива и износ элементов привода колес.

По результатам обработки экспериментальных данных установлено, что средняя наработка до отказа резиновых втулок реактивных штанг задней подвески ЛиАЗ-5256 составляет 34,61 тыс. км. Статистическое распределение наработок до отказа резиновых втулок реактивных штанг АТС наилучшим образом описывает нормальный закон. Найденное значение критерия Пирсона  $\chi^2 = 6,22$  подтверждает эту гипотезу.

Полученные результаты исследования послужили основой для разработки математической модели, описывающей связь вероятности безотказной работы резиновых втулок реактивных штанг задней подвески автобуса от величины перекоса его осей:

$$P = -0,0015\gamma^2 - 0,046\gamma + 1,$$

где  $P$  – вероятность безотказной работы резиновых втулок задних реактивных штанг;  $\gamma$  – величина перекоса балки ведущего моста.

Математическая модель построена с применением теории корреляционно-регрессивного анализа. Полученное уравнение парной регрессии, согласно проведенным расчетам, является статистически значимым, т.е. адекватно описывает результаты эксперимента.

В результате моделирования получена зависимость вероятности безотказной работы резиновых втулок от величины перекоса балки ведущего моста и установлено допустимое значение их наработки по условию 5 % вероятности отказа, которая составляет 22,5 тыс.км.

УДК539.4.013.3

КОНЦЕНТРАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЙ РАСТЯЖЕНИИ ПЛАСТИНЫ  
С ОТВЕРСТИЯМИ

Д. О. КУЗМЕНКО, С. В. БОГДАНОВ

Научный руководитель И. М. КУЗМЕНКО, канд. техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

В различных отраслях техники (фермы перекрытий в мостостроении и строительстве, большепролетные каркасы и т.п.) широко используются узлы, в которых стержни соединяются на болтах посредством накладок (пластин). Отверстия, при этом, являются концентраторами напряжений. Поэтому, важной является оптимизация их взаимного расположения. Современное развитие компьютерных технологий позволяет выполнить этот анализ.

Применяя программную платформу ANSYS® Workbench, рассматривали металлическую пластину с различным количеством отверстий: 1, 2, 4. Один торец пластины закреплялся, а второй нагружался равномерным растягивающим усилием. За начальное расположение отверстий принималось минимально возможное расстояние от края пластины до центра болтового отверстия, а затем, через определенный шаг, они смещались, пока не достигалась наименьшая концентрация напряжений.

Компьютерная модель представляет собой пластину размерами 200x100x10 мм с отверстиями исследуемого диаметра. Расстояние  $D$  от оси симметрии пластины до центров отверстий варьировалось. Центры отверстий симметрично смещались от оси симметрии пластины в направлении короткой стороны к краям. Растягивающее усилие принято равным 25 кН.

В частности, при начальном смещении двух отверстий диаметром 20 мм относительно друг друга, концентрация напряжений растет и, при дальнейшем увеличении  $D$  до 30–40 мм, нормальные напряжения и концентрация напряжения уменьшаются. Затем, после  $D = 40$  мм, вновь начинают возрастать.

Для подтверждения адекватности расчетов методом тензометрирования выполнена экспериментальная оценка концентрации напряжений.

На основе результатов исследования компьютерных моделей получены закономерности, используя которые можно снизить концентрацию напряжений несущих конструктивных элементов.

А. О. КРАВЧЕНКО

Научный руководитель В. Т. ПАРАХНЕВИЧ, канд. техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Проблема аварийности на автомобильном транспорте приобрела особую остроту в последнее десятилетие в связи с несоответствием существующей инфраструктуры потребностям общества и государства в безопасности дорожного движения, недостаточной эффективностью функционирования системы обеспечения безопасности дорожного движения, низкой дисциплиной участников дорожного движения.

Анализ основных и сопутствующих причин ДТП позволяет сформулировать рекомендации по повышению активной и пассивной безопасности автомобильных дорог:

- установка дорожных ограждений (влияет как на возникновение происшествий вследствие съезда с дороги на полосу встречного движения, так и на снижение тяжести последствий ДТП);
- уменьшение участка дорог, характеризующихся высокой частотой съезда автомобилей (влияет на вероятность наступления ДТП и на снижение последствий);
- сокращение длины участков с высокими насыпями за счет длины выемок (при проектировании дорог) (влияет на вероятность ДТП и на снижение тяжести последствий);
- снижение высоты насыпи (влияет на снижение тяжести последствий);
- обустройство широкой полосы на дорогах 1-й технической категории и выполнение раздельного трассирования земляного полотна для разных направлений движения (влияет на вероятность ДТП и на снижение тяжести последствий);
- проектирование пологих откосов выемок на внешней стороне кривых в плане, уменьшение глубины водоотводных канав применением дренажных устройств (влияет на снижение тяжести последствий);
- использование несимметричного поперечного профиля насыпи в районах с высокой ценностью земельных угодий (влияет на вероятность ДТП);
- уменьшение частоты размещения массивных сооружений и конструкций в зоне шириной 15 м у края проезжей части (влияет на вероятность наступления ДТП и на снижение тяжести последствий);
- снижение травмоопасности конструкций, используемых для обустройства дорог, применение ограждений с прогрессивными деформационными характеристиками (снижение тяжести последствий).

Д. А. ДУБОВИК, А. С. ТИШУК

Государственное научное учреждение  
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАН Беларуси»  
Минск, Беларусь

Одним из эффективных путей увеличения сроков службы несущих систем и шин карьерных автосамосвалов, экономии топлива горнодобывающих предприятий является контроль и поддержание надлежащего качества технологических дорог в карьерах [1]. Практическая реализация данного пути возможна в результате разработки и применении бортовых микропроцессорных систем [2].

Разработка бортовых систем контроля качества технологических дорог требует решения ряда научно-исследовательских задач, к которым относятся установление зависимостей между высотой неровности и давлением в передних и задних подвесках самосвала, между продольными и поперечными уклонами дорог и давлением в подвесках, изучение влияния на указанные факторы степени и равномерности загрузки, скорости и режимов движения автосамосвала и др.

Для решения указанных задач применительно к карьерным самосвалам БелАЗ разработана структура исследовательского комплекса на базе микропроцессорного бортового контроллера. Предлагаемая структура исследовательского комплекса содержит четыре датчика давления в подвесках, четыре тензодатчика, четыре датчика положения подвесок, инклинометр, датчики тока и напряжения на тяговом электродвигателе, датчик положения педали газа, датчик положения рабочего тормоза, два датчика оборотов на тяговых электродвигателях, модуль беспроводной передачи данных.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубовик, Д. А. Контроль качества технологических дорог для сбережения ресурса карьерных самосвалов / Д. А. Дубовик, М. М. Белоус, А. Н. Тишук // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2013. – Ч. 2. – С. 47.
2. Дубовик, Д. А. Бортовые системы управления мобильных машин: настоящее и будущее / Д. А. Дубовик, В. В. Савченко // Механика машин, механизмов и материалов. – 2012. – № 3. – С. 37–45.

УДК 629.114.2

ПРОВЕДЕНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ, СТЕНДОВЫХ И  
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ ПРИЧИН  
ВОЗГОРАНИЯ ТРАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА РУП «МТЗ» СЕРИИ 3022

С. Д. МАКАРЕВИЧ, А. В. АНИСКОВИЧ  
Научно-практический центр учреждения  
«МОГИЛЕВСКОЕ ОБЛАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МЧС  
Республики Беларусь»  
Могилев, Беларусь

Обеспечение пожарной безопасности основывается на минимизации вероятности возникновения пожара, а если он все-таки произойдет – на снижении материального ущерба, причиненного им.

По установлению причины возгорания тракторов «Беларус» серии 3000 научно-практическим центром Могилевского областного управления МЧС проведены лабораторные исследования пожароопасных узлов и агрегатов тракторов, а также стендовые испытания и исследования состояния пожароопасных узлов и агрегатов в условиях эксплуатации.

При исследовании работающих двигателей тракторов пирометром была установлена температура наружной части теплоизоляционного кожуха выхлопной трубы. Максимальная температура на теплоизоляционном кожухе составила 128 °С (104–128 °С). Температура на металлических элементах выхлопной трубы без теплоизоляционного кожуха достигала 300 °С. Указанная температура в 300 °С превышает предельные пожаробезопасные температуры для встречающегося при возделывании сельскохозяйственных полей горючих материалов (сено – температура тления 204 °С, солома – температура воспламенения 200 °С).

Электрическое оборудование трактора запитывается от двух аккумуляторных батарей (12 В, 125 Ач обеспечивающих кратковременную подачу тока до 950А), установленных в металлическом отсеке с правой стороны. Далее через выключатель массы и плавкие предохранители на 80 А и 30 А электричество подается на силовое реле, щит управления в кабине водителя и т.д. Расположение аккумуляторных батарей с правой стороны у основания кабины приводит к прокладке токопроводящих жил в районе коробки передач выхлопной трубы. В том числе, при возможном соприкосновении поливинилхлоридных оболочек жгутов электрических проводников с выхлопной трубой. При этом, предельно допустимая кратковременная температура, при которой происходит разложение изоляции из поливинилхлоридных пластикатов, составляет 145–160 °С. В свою очередь длительное термическое воздействие не должно превышать 70 °С. При имеющемся термическом воздействии происходит изменение механических свойств изоляционного материала, он приобретает текучесть, что также влияет на ее разрушение в местах пересечения острых углов, краев крепящей арматуры и т.п. На основании изложенного, не исключается возможность возникновения аварийного режима (короткого замыкания) в работе электрической сети трактора в результате внешнего термического воздействия от нагретой поверхности выхлопной трубы.

УДК 624.016

ПРИМЕНЕНИЕ ЛЕГКИХ КОМБИНИРОВАННЫХ ПАНЕЛЕЙ С  
ОБШИВКОЙ ИЗ ПЛИТ OSB В ПОКРЫТИЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ  
ЗДАНИЙ

Ю. Ю. КРАВЧАТАЯ  
Научный руководитель В. П. СИНЦОВ, канд. техн. наук, доц.  
«НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ ПРИРОДООХРАННОГО И  
КУРОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА»  
Симферополь, Украина

В современной строительной индустрии использование новых и экологических материалов является одним из основных ориентиров. Легкие конструкции крыш быстровозводимых малоэтажных производственных зданий также являются перспективным направлением в проектировании и строительстве.

Конструкция комбинированной панели представляет собой каркас из холодногнутых тонкостенных металлических профилей (швеллеров) с обшивками, выполненными из ориентировано-стружечной плиты, которые соединяются с ребрами элементами из некорродируемых материалов (оцинкованные или нержавеющие шурупы с плоской шляпкой).

Ориентировано-стружечная плита (Oriented Strand Board) – продукт глубокой переработки древесины путем прессования прямоугольной плоской щепы с использованием склеивающей искусственной водостойкой смолы. В результате OSB – экологичный материал однородной структуры, который обладает повышенной устойчивостью к влаге.

Комбинированные панели имеют длину 3–6 м, ширину 1,25 м, которые соответствуют размерам листов OSB. Металлодеревянные панели укладываются на основные несущие конструкции покрытия.

Проведены численные исследования комбинированных панелей [1, 2] с помощью ПК «Ли́ра». В результате этих исследований и была разработана конструктивная схема панелей покрытия с обшивкой из OSB со стальным каркасом для условий Украины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Синцов, В. П. Комбинированные металлодеревянные плиты покрытия с обшивкой из OSB / В. П. Синцов, Ю. Ю. Кравчатая // Motrol. Motorization and Power industry in agriculture. – Volume 11 A. – Simferopol-Lublin: 2009. – С. 289–294.
2. Кравчатая, Ю. Ю. Напряженно-деформированное состояние нагельных элементов комбинированных панелей покрытия / Ю. Ю. Кравчатая // Motrol. Motorization and Power industry in agriculture. – Volume 14, No 6. – Simferopol-Lublin: 2012. – С. 29–34.

## ПРИЧИНЫ ДЕФЕКТОВ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Д. С. ИЛЮКОВИЧ, Ю. А. ВОЛКОВА

Научные руководители: А. М. СЕРГЕЕВА;

В. Т. ПАРАХНЕВИЧ, канд. техн. наук, доц.

Государственное учреждение высшего профессионального образования

«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

В ходе данной работы были проанализированы ведомости дефектов водопропускных труб расположенных на девяти автомобильных дорогах. Это такие дороги как: подъезд к паромной переправе через р. Днепр от М-8; Княжицы – Захват; Пашково – Софиевка от М – 4; подъезд к д. Грибаны от Р-123; Н-10990 Сидоровичи – Полна; Р-75 Климовичи – Костюковичи; подъезд к д. Круги от Р-123; подъезд к д. Мишковка от подъезда к д. Машенаки от М-8; Р-15 Кричев – Орша – Лепель, Подъезд №1 к г. Горки. На этих дорогах расположено 27 железобетонных водопропускных труб диаметрами от 0,8 до 2,0 метров. На конструктивных элементах труб были обнаружены такие дефекты как: отсутствие укрепления входного и выходного отверстия (оголовка) труб, местное повреждение поверхностей оголовков, зарастание укрепления травой. На лотке трубы были замечены дефекты препятствующие пропуску воды.

Одним из основных слабых моментов водопропускных труб является устойчивость нижнего бьефа, которая зависит от расхода  $Q$ , диаметра трубы  $D$  и характеристик лога (его уклона). Одним из элементов обеспечения устойчивости нижнего бьефа предлагается ковш с каменной наброской. К сожалению, размеры ковша и толщина каменной наброски не связаны с величиной пропускаемого расхода, что очевидно приведет к разрушению ковша и ликвидации каменной наброски (при больших расходах). Это также вызовет разрушение верховой части ковша, что будет влиять на устойчивость выходного оголовка трубы.

В связи с этим необходимы исследования, которые бы по величине расхода, скорости на выходе и уклона лога отводящего русла давали рекомендации размеров укрепления для безопасной работы выходного участка. Разрушение местных укреплений, ведет к зарастанию лотков водопропускных труб и к дальнейшему застаиванию воды у входных отверстий. Чтобы снизить объем денежных средств на эксплуатацию труб предлагаем следующие варианты: расчет водопропускных труб должен проводиться особым проектом, с учетом всех возможных воздействий и негативных факторов которые будут влиять на трубы, типовые проекты должны пройти более тщательный анализ; должен осуществляться своевременный уход за водопропускными трубами.

## УСТАНОВЛЕНИЕ ПРИЧИН ВОЗГОРАНИЯ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ ТРАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА РУП «МТЗ» И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ИХ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЕ

С. Д. МАКАРЕВИЧ, А. В. АНИСКОВИЧ

Научно-практический центр учреждения

«МОГИЛЕВСКОЕ ОБЛАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МЧС

Республики Беларусь»

Могилев, Беларусь

Современный метод обеспечения пожарной безопасности на автомобильной и автотракторной технике базируется главным образом на исключении из конструкции пожароопасных узлов, их защиты, либо снижения пожарной опасности данных агрегатов. Однако даже передовые разработки не исключают возможности возникновения пожаров автотракторной техники по тем или иным причинам, что наносит материальный ущерб, а иногда и приводит к гибели людей. Это происходит не только в результате злоумышленных действий, но нередко и самопроизвольно, вследствие образования в работающих системах трактора горючей среды и источников зажигания.

Для анализа пожарной опасности и оценки возможности возникновения пожара на автотракторной технике используется учет и сопоставление наличия трех факторов: наличие горючей среды, наличие окислителя (как правило, кислород воздуха) и наличие источника зажигания. Для обеспечения пожарной безопасности техники исключают хотя бы один из описанных выше факторов.

В ходе исследования причин возгорания тракторов установлено, что основное горение на первоначальном этапе происходило на участке ограниченном, с одной стороны – кабиной водителя, со второй – двигателем трактора.

При проведении лабораторных исследований пожароопасных узлов и агрегатов тракторов, а также стендовых испытаний и исследований состояния пожароопасных узлов и агрегатов в условиях эксплуатации были установлены следующие потенциально опасные узлы и агрегаты:

- система выпуска отработанных газов, представленная стальной выхлопной трубой, обернутой стекловолокном и стеклотканью (расположена с правой стороны по ходу движения);

- топливная система, представленная двумя резиноканевыми топливопроводами (топливопровод подачи топлива к двигателю с левой стороны, топливопровод обратной системы между кабиной и двигателем проходит с левой на правую сторону);

- электрическая система, обеспечивающая функционирование двигателя.

УДК 629.113  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИЛОВОГО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА  
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННО-МЕХАНИЧЕСКОЙ САБ  
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

М. Л. ПЕТРЕНКО, А. В. ЮШКЕВИЧ

Научный руководитель А. С. МЕЛЬНИКОВ, канд. техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Корректная работа электронно-механической системы активной безопасности транспортных средств зависит от правильного подбора всех компонентов входящих в ее системы и соответствие всех параметров требованиям, предъявляемым к системам активной безопасности.

При разработке системы активной безопасности транспортных средств стремятся использовать наиболее точный и информативный источник данных, для возможности повышения надежности системы обработки информации об изменении сил, возникающих в пятне контакта колеса с опорной поверхностью.

Применение источника данных на основе силовых факторов дает возможность для своевременной и правильной оценки изменения ситуации в пятне контакта колеса с опорной поверхностью. Правильная работа электронно-механической системы активной безопасности транспортных средств зависит от того, как быстро и правильно обрабатывается информация и передается управляющее воздействие на рабочий механизм САБ. Для воздействия на рабочий механизм САБ используется силовой исполнительный механизм. Рабочий механизм электронно-механической САБ состоит из дискового тормозного механизма с нажимным устройством винтового типа, с подвижной тормозной скобой. Нажимное устройство винтового типа позволяет развивать необходимое усилие прикладываемое к тормозному диску, при небольшом усилии прикладываемом к нажимному механизму.

Силовой исполнительный механизм выполняет функции управления рабочим тормозным механизмом и должен соответствовать требованиям предъявляемым к элементам системы активной безопасности. Силовой исполнительный механизм должен обладать высокой скоростью срабатывания, способностью к адаптации для систем с различными параметрами и развивать необходимое управляющее усилие.

В качестве исполнительного силового элемента в электронно-механической САБ применяется соленоид с тягово-вытяжным режимом работы. Соленоид воздействует на рабочий механизм САБ путем приложения усилия к тормозной скобе. Поворачивая тормозную скобу вокруг ее оси, силовой исполнительный механизм растормаживает и затормаживает рабочий тормозной механизм.

УДК 624.154  
ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР РАЗВИТИЯ ИНЪЕКЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

С. В. ИГНАТОВ  
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Буроинъекционная технология получила широкое применение при возведении свай и анкеров, проведении ремонтных и восстановительных работ при реконструкции и усилении оснований и фундаментов.

Автором метода инъекции грунтов считается Бериньи, который в 1802 г. успешно провел закачку под давлением (т.е. инъецировал) цементный раствор в грунт для заполнения пустот. В период широкого развития гидротехнического строительства в 1920–1930 гг. произошло признание данного метода. Инъекция оказалась наиболее экономичным способом борьбы с фильтрацией под плотинами.

До середины 50-х годов XX вв. инъекционное закрепление грунтов рассматривалось как операция, когда в поры грунта медленно вводилось вяжущее. Предположение о пропитке было опровергнуто Камбефором, который по результатам опытных раскопок заинъецированных тел показал, что инъекционные растворы только спрессовывают грунт, а не пропитывают все поры.

В странах западной Европы сегодня выделяется два вида буроинъекционной технологии: классическая – пробуренная полость заполняется цементным раствором под давлением; струйная – происходит гидравлический размыв грунта смесью, обладающей большой энергией, с последующим заполнением образованных полостей раствором.

На сегодняшний день в странах СНГ буроинъекционная технология представляет собой разновидность буронабивной, при которой полости в грунте заполняются раствором под давлением, что приводит к опрессовке окружающего грунта с вытеснением его в стороны. Это приводит к улучшению физико-механических свойств грунта окружающего полость, возрастанию контактной сопротивляемости грунта сдвигу и лобового сопротивления для пят свай и анкеров.

Началом внедрения буроинъекционной технологии в Беларуси можно считать 1980 г., когда при научном соприкосновении Ю. А. Соболевского и М. И. Никитенко впервые были применены буроинъекционные анкеры для крепления подпорных стен по ул. Харьковская в г. Минске. Потом анкеры начали активно применять на объектах Минского метрополитена и на объектах гражданского строительства столицы для крепления откосов и подпорных стен.



О. Б. ЖИЛЕНКО

Научный руководитель В. Н. АЛЕКСЕЕНКО, канд. техн. наук, проф.  
«НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ ПРИРОДООХРАННОГО И  
КУРОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА»  
Симферополь, Украина

В современном строительстве автоклавный газобетон занимает одно из ведущих мест среди стеновых строительных материалов массового применения [1] наряду с кирпичом, мелкоштучными камнями пильного известняка крымских месторождений, керамзитобетонными блоками и другими стеновыми изделиями, изготовленными из минерального сырья природного происхождения.

Преимущества использования этого материала в качестве конструктивных элементов заполнения стен каркасных высотных зданий в сейсмоопасных районах [2] очевидны. Широкое применение этот строительный материал, в первую очередь, как стеновой, получил благодаря трем его основным качествам – высоким теплоизоляционным свойствам при достаточной прочности, малому весу и технологичности кладки. Комплексное сочетание этих качеств в одном материале дает лучший технико-экономический эффект при возведении зданий по сравнению с другими стеновыми материалами [3].

Опыт обследования высотных зданий, строящихся на территории Автономной Республики Крым с использованием газобетонных блоков, потребовал разработки дополнительных конструктивных мер по обеспечению их сейсмостойкости.

На основании выполненных исследований разработаны методика расчета и технические решения по усилению кладки стен в обследованных зданиях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДСТУ В.2.7-137:2008. Блоки з ніздрюватого бетону стінові дрібні. Технічні умови. Міністерство регіонального розвитку і будівництва України. Київ, 2008. – 16 с.
2. ДБН В. 1.1-12:2006. Будівництво в сейсмічних районах України. Міністерство будівництва, архітектури і житлово-комунального господарства України. Київ, 2006. – 84 с.
3. **Алексеевко, В. Н.** Сейсмостойкость каркасных зданий со стенами из блоков автоклавного газобетона / В. Н. Алексеевко, О. Б. Жиленко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції. Будівлі та споруди – Рівне: 2012. – С. 320–326.

Р. В. ПЛЯКИН

Научный руководитель В. П. ТАРАСИК, д-р техн. наук, проф.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

В настоящее время на всех автомобилестроительных предприятиях Республики Беларусь ведутся разработки систем автоматического управления ГМП. Практически все эти разработки базируются на использовании компонентов иностранного производства таких мировых производителей как *Bosch Rexroth*, *HydroForce* и т.д. Для создания систем автоматического управления ГМП с минимальной процентной составляющей импортных компонентов необходимо разработать методику функционального проектирования мехатронных исполнительных механизмов управления фрикционами ГМП, позволяющую на стадии проектирования определить оптимальное компромиссное решение по обоснованию и выбору их параметров с учетом физических свойств механизмов объекта управления. При этом возникает проблема качественной оценки эффективности функционирования мехатронных исполнительных механизмов.

На основании теоретических и экспериментальных исследований систем автоматического управления ГМП была разработана и обоснована система показателей эффективности функционирования мехатронных исполнительных механизмов при управлении фрикционами. Она включает в себя критерии: минимальное время заполнения гидроцилиндра фрикциона, характеризующее общее время переключения ступеней ГМП; коэффициент динамичности давления в канале управления фрикциона, косвенно характеризующий динамические нагрузки в трансмиссии; максимальное падение давления в главной гидромагистрали на этапе заполнения и регулирования давления в гидроцилиндре фрикциона; интегральную оценку отклонения реального давления в канале управления фрикционом от эталонной, характеризующая точность отработки сигнала управления; коэффициент динамичности вращающего момента на выходном валу гидромеханической передачи, непосредственно определяющий динамические нагрузки в трансмиссии; замедление автомобиля при переключении; первую производную замедления автомобиля при переключении передач, оценивающую «рывок» автомобиля при переключении передач.

Разработанная система критериев позволяет на этапе проектирования производить выбор и обоснование оптимальных параметров исполнительных механизмов управления фрикционами ГМП.

УДК 629.3  
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЛЕРА УПРАВЛЕНИЯ  
ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ КАРЬЕРНОГО САМОСВАЛА

Р. В. ПЛЯКИН, Н. Н. ГОРБАТЕНКО  
Научный руководитель В. П. ТАРАСИК, д-р техн. наук, проф.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

На кафедре «Автомобили» Белорусско-Российского университета совместно с научно-техническим центром ОАО «БЕЛАЗ» – управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ» разработана мехатронная система автоматического управления (МСАУ) гидромеханической передачей (ГМП) карьерных самосвалов грузоподъемностью 45 – 60 тонн. Основными компонентами системы являются: электронный блок управления (ЭБУ), селектор режимов управления, блок электрогидравлических пропорциональных клапанов, блок индикации и комплект датчиков.

Одной из главных задач, решаемых при разработке данной системы, была разработка алгоритмов управления и диагностирования ГМП и реализация их в виде программного обеспечения ЭБУ (контроллера).

Разработанное программное обеспечение контроллера выполнено в виде интегрированного продукта, в котором обеспечено одновременное выполнение функций управления ГМП и диагностирования ее компонентов и компонентов МСАУ. При этом контроллером осуществляется сбор информации с датчиков и органов управления карьерным самосвалом, формирование сигналов на переключение передач и блокировку/разблокировку гидротрансформатора в автоматическом и командном режимах управления ГМП, управление давлением в гидроцилиндрах фрикционов, формирование сигналов управления двигателем во время переключения передач согласно протоколу *SAE J1939*, отображение на многофункциональной панели индикации информационных сообщений о режимах работы гидромеханической передачи и результатах диагностирования компонентов ГМП, визуализация интерфейса пользователя для настройки режима и редактирования параметров управления ГМП и диагностирование элементов ГМП и МСАУ. Управляющая программа написана на языках стандарта МЭК 61131-3 в среде программирования *CoDeSys*.

Разработанные алгоритмы и программное обеспечение МСАУ ГМП прошли апробацию на самосвалах БелАЗ-7555Е и БелАЗ-75450 в процессе заводских испытаний, а также в эксплуатационных условиях карьера «Гранит», г.Микашевичи. Испытания подтвердили эффективность предложенных алгоритмов и надежность функционирования программного обеспечения.

УДК 625.7  
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ДОРОЖНЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЯХ

Е. В. ЕРМАКОВА, Г. Г. КУЗНЕЦОВА, М. В. БАБИЧЕВА  
Научный руководитель Т. А. ПОЛЯКОВА  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

В современном мире необходимо постоянное совершенствование дорожных предприятий по ряду направлений, одним из которых является осуществление мероприятий по экономии топливно-энергетических ресурсов.

Энергосбережение – это реализация правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное (рациональное) использование и экономное расходование топливно-энергетических ресурсов и на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии.

В Беларуси проблема энергосбережения стоит достаточно серьезно. Это связано с двумя причинами: острым дефицитом собственных первичных энергоресурсов и энергоемкостью производимой продукции. Рост стоимости энергоресурсов ставит перед предприятиями дорожной отрасли задачу снижения энергозатрат на всех этапах производства. Одним из наиболее энергозатратных технологических процессов в дорожном строительстве является производство и укладка горячих асфальтобетонных смесей.

Изучив и проанализировав основные способы энергосбережения, можно выделить три наиболее эффективно применяемых на дорожных предприятиях направления:

- введение добавок в асфальтобетонную смесь, что приводит к снижению потребления энергии (газа и жидкого топлива) за счет уменьшения температуры производства и укладки асфальтобетонной смеси и увеличению производительности на 10–20 %;

- повышение экономичности сушильного барабана на 20 %;

- повышение качества перемешивания асфальтобетонной смеси, что значительно упрощает механическую систему, повышает надежность и снижает эксплуатационные расходы и приводит к экономии потребления энергии до 50 %; срок окупаемости применяемого оборудования, в среднем, составляет от 0,5 до 1,5 лет.

Внедрение на производстве энергосберегающих мероприятий требует первоначальных материальных затрат, но в целом – приносит немалый экономический эффект.

УДК 624.012.45

## УСИЛЕНИЕ КИРПИЧНЫХ СТОЛБОВ И ПРОСТЕНКОВ СТАЛЬНОЙ ОБОЙМОЙ

И. В. ДЕНИСЕНКО

Научный руководитель С. Д. СЕМЕНЮК, д-р техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Одним из наиболее эффективных способов усиления кирпичных столбов и простенков является устройство стальных обойм, которые состоят из уголков, устанавливаемых по граням столбов, и соединительных планок между ними.

Основной целью работы является определение наиболее эффективного способа усиления сжатых элементов стальной обоймой.

В ходе проведения испытаний были запроектированы и испытаны кирпичные столбы 250×250×600 мм, а также кирпичные столбы, усиленные стальными обоймами. Стальная обойма выполнена из 4-х ветвей в виде уголков 50×50×5 мм и соединительных планок 240×40×4 мм. При испытании столбов в возрасте 28 суток измерялись продольные деформации индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм, установленными вдоль оси по четырем граням при помощи специальных рамок. Поперечные деформации измерялись индикаторами часового типа с ценой деления 0,001 мм. Деформации усиленных обоймой столбов измерялись индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм, установленными вдоль оси по четырем граням колонн и на ветвях обоймы.

Нагружение образцов столбов до их разрушения производилось с постоянной скоростью роста напряжений ( $0,6 \pm 0,2$  МПа/с) ступенями, равными 10 % ожидаемой разрушающей нагрузки. По мере приближения нагрузки к критической наблюдалось развитие продольных трещин в испытываемых образцах.

Для определения прочности раствора кладки были запроектированы и испытаны на осевое сжатие растворные кубы 100×100×100 мм в возрасте 14, 21 и 28 суток. Для определения марки кирпича испытывались на изгиб и сжатие кирпичи силикатные 120×250×88 мм.

Одной из главных задач проведения экспериментальных исследований являлось сравнение прочности кирпичных столбов и усиленных стальной обоймой образцов кирпичных столбов при центральном сжатии. В результате было выявлено, что прочность кирпичных колонн составила 3,62 МПа; прочность образца, усиленного стальной обоймой составила 5,88 МПа.

Таким образом можно сделать вывод, что способ усиления сжатых элементов стальной обоймой является эффективным.

УДК 629.113

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДИСКОВОГО ТОРМОЗА С ОСЕВЫМ НАЖИМОМ

А. В. ЮШКЕВИЧ, М. Л. ПЕТРЕНКО

Научный руководитель А. С. МЕЛЬНИКОВ, канд. техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Дисковые тормоза нашли широкое применение на транспортных средствах благодаря стабильности тормозного момента, уравновешенности тормоза, уменьшению неподрессоренной массы, удобству размещения тормоза в колесных узлах. Однако большинство дисковых тормозов имеет гидравлический привод, поэтому приходится мириться с его сложностью, высокой стоимостью и опасностью потери работоспособности при нередком выходе из строя тормозного шланга. Все это означает, что использование гидравлического привода влечет за собой как увеличение общей стоимости транспортного средства, так и его сложности.

Для решения ряда проблем, связанных со снижением стоимости, увеличением эффективности и надежности и увеличением ресурса работы механизма, был разработан дисковый тормоз с осевым нажимом, который обладает рядом таких преимуществ как: большая энергоемкость, стабильность работы, возможность использования дискового тормоза с осевым нажимом на различных видах транспортных средств, повышение безопасности тормозной системы за счет использования механического привода при передаче на механизм управляющего воздействия.

На начальной стадии проектирования дискового тормоза с осевым нажимом производят расчет необходимого тормозного момента для выбранного транспортного средства, затем исходя из величины тормозного момента рассчитывается прижимная сила, необходимая для прижатия тормозного цилиндра с фрикционной накладкой к боковой поверхности корпуса колеса.

На следующем этапе производят расчет нажимного устройства, исходя из величины прижимного усилия, необходимого для прижатия тормозного цилиндра с фрикционной накладкой к боковой поверхности ступицы колеса.

На заключительном этапе выбирают упорный подшипник.

Разработанная методика проектирования позволяет решить основные проблемы на начальных стадиях проектирования дисковых тормозов с осевым нажимом, тем самым упростить сложность тормозной системы, а также снизить материалоемкость тормозного механизма и избежать ошибок проектирования, приводящих к отказу тормозного механизма в работе.

УДК 691.32

ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ  
БЕТОННЫХ ОБЛИЦОВОЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ

А. А. АЛЕКСАНДРИКОВ, Д. О. КУЗМЕНКО

Научный руководитель И. А. ЛЕОНОВИЧ, канд. техн. наук  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

В мировой практике устройства наружных стен все более широко применяются облицовочные фибробетонные панели толщиной до 10 мм, что облегчает вес конструкции и позволяет обеспечить требуемую паро- и воздухопроницаемость. Производству таких изделий противоречит действующий стандарт Республики Беларусь, по которому толщина бетонной плиты (для облицовки наружных поверхностей зданий и сооружений) должна быть не менее 20 мм, при минимальном классе прочности  $C^{16}/_{20}$  и пределе прочности бетона, при статическом изгибе в 28-ми суточном возрасте – 7,5 МПа [1]. С учетом максимального веса панели в 30 кг площадь ее поверхности не будет превышать 1 м<sup>2</sup>.

В результате анализа напряженно-деформированного состояния облицовочной панели определена минимально возможная толщина при известных механических характеристиках материала: прочность на растяжение при изгибе, начальный модуль упругости, коэффициент Пуассона. Плита рассматривалась под действием наиболее характерных нагрузок: равномерно распределенной (ветровая нагрузка) и сосредоточенной силы, приложенной в центре пластины (брошенный камень или нагрузка от приставленной лестницы). А также в двух полярных вариантах закрепления кромок: при свободном опирании по контуру и при жестком закреплении контура. Использовались справочные материалы, представленные в работе [2].

Построены графики, показывающие зависимость суммарного прогиба и суммарного напряжения от толщины квадратной пластины, по которым минимальная толщина пластины составила 6,5 мм. При такой толщине плиты суммарный прогиб, выраженный в зависимости от интенсивности действующих нагрузок и цилиндрической жесткости пластины, не превышает допустимых значений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плиты облицовочные бетонные. ТУ. СТБ 1374-2003. – Введ.01.07.03 – Минск: Минстройархитектуры, 2003. – 8 с.
2. Вайнберг, Д. В. Расчет пластин / Д. В. Вайнберг, Е. Д. Вайнберг. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев : Будивельник, 1970. – 436 с.

УДК 625.745

МОСТОВЫЕ СООРУЖЕНИЯ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. С. ДЕМИДОВА, В. Д. ЗАЙЦЕВ

Научный руководитель О. В. АЛЕКСЕЕВА, канд. техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Дороги – истинное национальное достояние народа, единая и неотъемлемая часть нашей земли. Наиболее сложными инженерными сооружениями на дорогах являются мосты и путепроводы. Согласно данных РУП «Могилевавтодор», парк мостовых сооружений на республиканских дорогах насчитывает 2224 моста общей протяженностью 99344 погонных метра. Из общего количества мостов Могилевской области больших мостов протяженностью свыше 100 м – 39, средних мостов протяженностью от 25 до 100 м – 177, малых – 133. По конструкции металлических мостов 12; железобетонных – 288 мостов. Количество путепроводов составляет 47 шт. Таким образом, общее количество мостовых сооружений составляет 349 единиц, общей протяженностью 17,55 км. Из общего количества сооружений нормативным требованиям по габариту и грузоподъемности соответствует 76 % мостовых сооружений (265 шт.), несоответствие по габариту составляет 16 % (54 шт.), несоответствие по грузоподъемности – 5 % (19 шт.), несоответствие по габариту и грузоподъемности – 3 % (11 шт.).

Анализ эксплуатационного состояния мостовых сооружений и качество их содержания позволил установить основные критические дефекты (98 на 58 мостовых сооружений), которые в большинстве случаев составляют: дефекты железобетонных конструкций с оголением арматуры (41 %), дефекты гидроизоляции (20 %), недостаточная высота ограждений (12 %), быстрое разрушение деформационных швов (27 %). Для устранения выше перечисленных критических дефектов требуется капитальный ремонт сооружений. Количество мостовых сооружений на дорогах общего пользования, требующих ремонта, составляет 1915 шт. В 2013 году выполняется капитальный ремонт 1 моста и реконструкция 3-х мостов. Основная концепция развития мостового парка заключается в совершенствовании системы контроля за работами в мостовых хозяйствах; рациональном использовании ресурсов для ремонта и содержания мостов; использовании передовых материалов и технологий для ремонта, с применением современного технологического оборудования для содержания и ремонта; разработка единой системы управления за состоянием мостов.

УДК 624.01

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ  
ЛИНЕЙНЫХ ПЛАСТИЧЕСКИХ ШАРНИРОВ

А. И. ДАВЫДЮК

Научные руководители: В. А. МАТЧАН, канд. техн. наук, доц.;

В. В. ТУР, д-р техн. наук, проф.

Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Брест, Беларусь

На сегодняшний день использование теории оптимизации в расчете и проектировании строительных конструкций ограничивается поиском наиболее рациональных параметров конструкций при заданных условиях.

Если рассмотреть в качестве целевой функции максимальное усилие, которое может воспринимать конструкция непосредственно перед своим разрушением, то можно не только расширить область применения теории оптимизации в строительстве, но и получить математически обоснованное решение многих задач.

Этот подход был использован для построения линейных пластических шарниров в безбалочной монолитной железобетонной плите с нерегулярным расположением опор. Критерием оптимизации послужил максимальный предельный изгибающий момент конструкции.

Согласно теории предельного равновесия, непосредственно перед разрушением, пластические шарниры объединяются в непрерывные линии, разделяющие плиту на отдельные звенья, образующие схему излома. Приравняв потенциальную энергию, затраченную на перемещение звеньев, и кинетическую энергию, затраченную на поворот конструкции в линиях пластических шарниров, и выразив из полученного уравнения изгибающий момент, получили целевую функцию оптимизации.

Путем математических преобразований доказали, что при равномерно распределенной нагрузке на перекрытие, значение целевой функции зависит только от координат вершин схемы излома. Используя правила построения схем излома для безбалочных плит, преобразовали задачу с ограничениями в безусловную задачу оптимизации и применили для ее решения метод циклического координатного подъема. Это позволило найти максимальный предельный изгибающий момент в плите и построить для нее линейные пластические шарниры.

Построение линейных пластических шарниров для безбалочных железобетонных плит на основе использования методов теории оптимизации имеет важное практическое значение.

УДК 624.012

РАБОТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И КИРПИЧНЫХ СТОЛБОВ, УСИЛЕННЫХ  
СТАЛЬНОЙ ОБОЙМОЙ И КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

В. В. БАШКИРОВ

Научный руководитель С. Д. СЕМЕНЮК, д-р техн. наук, доц.

Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

В настоящее время в строительной отрасли Республики Беларусь особое внимание уделяется вопросам увеличения несущей способности железобетонных и каменных конструкций существующих зданий и сооружений.

На сегодняшний день разработано и внедрено в производство несколько эффективных способов усиления сжатых элементов.

Для усиления железобетонных и кирпичных столбов, работающих в условиях центрального сжатия, а также внецентренно-сжатых с малым эксцентриситетом, применяются стальные обоймы в виде четырех уголков, связанных попарно соединительными планками. Включение обоймы в работу осуществляется путем создания упора в перекрытиях или приварки к опорным закладным деталям. Совместная работа обоймы с усиливаемой конструкцией обеспечивается плотным примыканием уголков, которое достигается установкой уголков на слой цементно-песчаного раствора состава 1:3.

Достоинствами данного способа являются: простота конструкции, возможность значительного увеличения несущей способности столбов без изменения габаритов помещения, а также возможность применения в качестве самостоятельных разгружающих конструкций.

К недостаткам, ограничивающим области применения стальных обойм, следует отнести невозможность применения в средах, агрессивных по отношению к малоуглеродистой стали, а также высокую стоимость, обусловленную значительным расходом прокатного металла.

Зависимость от импортного сырья для металлургии, а также постоянный рост цен на металлопрокат заставляют по-новому смотреть на традиционные способы усиления строительных конструкций и искать наиболее экономичные решения.

Именно поэтому исследование работы железобетонных и кирпичных столбов, усиленных стальной обоймой и композитными материалами, выполняемое с целью разработки наиболее экономичных конструктивных решений, является весьма актуальной задачей.

Е. О. БЛОЦКАЯ

Научный руководитель А. А. ВАСИЛЬЕВ, канд. техн. наук, доц.

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Гомель, Беларусь

В настоящее время ежедневно на территории Республики Беларусь производится огромное количество железобетонных элементов и конструкций (ЖБЭ, ЖБК), долговечность которых зависит от их коррозионной стойкости и, соответственно, оказывает влияние на долговечность большинства строительных объектов нашей страны. В свою очередь, коррозионная стойкость бетона определяется его проницаемостью. Проницаемость бетона зависит от состава бетонной смеси, качества уплотнения, условий эксплуатации и т.д. Наиболее эффективное снижение проницаемости достигается за счет уменьшения пористости и коагуляции пор. Это может быть обеспечено использованием на стадии изготовления бетона различных модификаторов, что позволит преобразовать структуру цементного камня на микроуровне, обеспечивая высокую эксплуатационную надежность ЖБЭ и ЖБК.

На основе проведенных исследований для получения модифицированного бетона был выбран состав с применением пластифицирующей добавки (С-3), коагулирующей добавки (ГС Пенетрат Микс) и тонкомолотого заполнителя (тонкомолотый песок с удельной поверхностью 3000 см<sup>2</sup>/гр). Образцы бетона подвергались ТВО по стандартному режиму.

Разработанная комплексная добавка позволила не только уменьшить общий объем пор, но и повысить их однородность, что значительно снизило проницаемость бетона. Испытания на водонепроницаемость показали, что для бетонов классов по прочности на сжатие С<sup>16</sup>/<sub>20</sub> и С<sup>25</sup>/<sub>30</sub> без добавки соответствует марка по водонепроницаемости W6, а с комплексной добавкой – W20. По результатам испытания бетона на прочность выявлено повышение его прочности на сжатие на одну ступень. Оценка карбонизации в соответствии с [1] показала, что уже после изготовления степень карбонизации бетона с комплексной добавкой в зоне расположения арматуры снизилась на 7,8–8,3 % для бетона класса по прочности С<sup>25</sup>/<sub>30</sub> и С<sup>16</sup>/<sub>20</sub> соответственно.

Модифицированный бетон на основе разработанной комплексной добавки значительно увеличивает долговечность ЖБЭ и ЖБК, эксплуатируемых в различных атмосферных условиях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев, А. А. Карбонизация бетона (оценка и прогнозирование) : монография / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 304 с.

Я. Ю. ГУТНИК, А. И. КАКАШИНСКИЙ

Научный руководитель Е. Е. КОРБУТ, канд. техн. наук, доц.

Государственное учреждение высшего профессионального образования

«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Известно, что вследствие техногенных аварий, сноса и реконструкции зданий и сооружений массовой застройки, образуются значительные объемы строительных отходов в виде бетонного лома, кирпичного боя, рулонных кровельных и напольных покрытий, битого стекла и т.п.

Проблема утилизации строительных отходов в настоящее время очень актуальна во всем цивилизованном мире.

Образовавшиеся техногенные отходы требуют максимально возможной переработки и утилизации, так как они позволяют значительно расширить сырьевую базу для производства современных строительных материалов.

На сегодняшний день существует два пути утилизации строительных отходов:

- захоронение на специально отведенных свалках;
- полная переработка с помощью специальной дробильной техники.

Первый вариант продолжительное время был единственным путем утилизации строительных отходов, но такой способ утилизации создает большие экологические проблемы.

Решить экологические и экономические проблемы, возникающие с образованием большого количества отходов, возможно только путем организации масштабной отрасли переработки.

Производство строительных материалов с использованием техногенного сырья позволит существенно снизить ресурсоемкость и себестоимость строительных материалов и окажет значительную помощь в утилизации строительных отходов, загрязняющих города. В полной мере к таким материалам можно отнести и строительные растворы.

Техногенное сырье в строительных растворах начали использовать в конце прошлого века, что, в первую очередь, было продиктовано стремлением энерго- и ресурсосбережения, истощением природных недр и негативным воздействием на окружающую среду возрастающих объемов техногенных отходов.

Весьма перспективным направлением решения данной проблемы технологической, экономической и экологической направленности является использование местного сырья и техногенных отходов в виде отсева дробления бетонного лома для производства строительных растворов.

УДК 625.7

## ВВЕДЕНИЕ НОВЫХ ДОБАВОК В СОСТАВ АСФАЛЬТОБЕТОНА

Е. В. ГОРБЕНКОВА, Ю. М. БОЛОХОНОВА, А. А. БОРИСЕНКО

Научный руководитель О. М. СТАРОЛАВНИКОВА

Государственное учреждение высшего профессионального образования

«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

В настоящее время в технологии асфальтобетонов является актуальным улучшение их свойств. Одним из направлений может быть введение различных добавок. Исходя из механических свойств, были использованы три вида добавок: полиэтилен, металлическая стружка, пенопласт. В ходе научных исследований в лабораторных условиях, заготовленные керны из щебеночной крупнозернистой пористой горячей асфальтобетонной смеси марки П, были переформованы в образцы с предложенными добавками (по 3 образца с каждой добавкой). После набора прочности приготовленных образцов, были проведены испытания на прочность, водонасыщение и набухание, а по полученным результатам сделаны выводы. Показатели физико-механических свойств асфальтобетонов соответствуют требованиям СТБ 1033-2004, а по некоторым показателям даже улучшились.

Прочностные характеристики кернов с добавлением полиэтилена не улучшились. Пористость образцов с данной добавкой, обусловленная скручиванием добавленных элементов, а также образованием полостей, ухудшает прочность и срок эксплуатации конечного материала. Высокий показатель набухания говорит о том, что присутствие влаги будет ухудшать состояние всего покрытия.

Материал образцов с добавлением металлической стружки стал значительно прочнее и крепче, следовательно, долговечнее. Но такой результат имеет место только при идеальных условиях, то есть без попадания влаги и других веществ, которые способствуют появлению коррозии металлической стружки. Были сделаны выводы, что, не смотря на это, такой материал можно использовать для временных покрытий, которые не требуют большого срока эксплуатации, но должны выполнять несущую способность и отвечать требованиям прочности.

При использовании пенопласта наблюдалось плавление добавки, и, следовательно, появление вязкости. Это говорит о том, что свойства вяжущего в составе асфальтобетонной смеси будут только улучшаться. После проведения всех испытаний и анализа, образцы материала с пенопластом имеют показатели в соответствии с нормативными требованиями, что дает возможность применять их практически без ограничений.

УДК 624.01

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ТОЧНОСТИ ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ В БЫСТРОМОНТИРУЕМЫХ ОБЪЕКТАХ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

С. В. БОГДАНОВ, Д. О. КУЗМЕНКО

Научные руководители: И. М. КУЗМЕНКО, канд. техн. наук, доц.;

Т. В. ЦЫКУНОВА, канд. техн. наук, доц.

Государственное учреждение высшего профессионального образования

«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Для исследования распределения силовых и деформационных полей в быстромонтируемых объектах из композитных несущих элементов с наружной арматурой (КНЭ) и хрупким твердеющим заполнителем на основе легких и тяжелых бетонов, определения оптимальных конструкций монтажных стыков разработана методика создания численных моделей, реализуемая методом конечных элементов в ANSYS Multiphysics. Эта методика позволяет учесть нелинейность деформирования материалов металлической арматуры и заполнителя на основе бетонов по диаграммам деформирования, растрескивание и раскрашивание хрупкого заполнителя при предельных растягивающих и сжимающих напряжениях, что является необходимым и достаточным для адекватного и точного исследования распределений напряжений и деформаций от эксплуатационных нагрузок в конструкциях из КНЭ.

Выполнена оценка точности и адекватности разработанной методики исследования путем сопоставления с экспериментальными данными. Сравнивались максимальные прогибы монолитного образца и образца со сварным монтажным стыком габаритными размерами 600x150x120 мм. Прогибы определялись по разработанной методике исследования распределений полей деформаций и напряжений в конструкциях из КНЭ и по результатам экспериментального испытания на прессе ПГ-100А.

Максимальные расхождения между расчетными и экспериментальными значениями прогиба для монолитного образца составляет 7,78 %, для образца с монтажным стыком – 6,09 %.

Полученные результаты свидетельствуют о высокой точности разработанной методики в области первого трещинообразования хрупкого заполнителя и на всем интервале увеличения прикладываемой нагрузки, а также возможности использования этой методики для исследования работоспособности конструкций из КНЭ и их сварных монтажных стыков без дальнейшей экспериментальной проверки.

О. И. БРОДОВА, А. Д. МАНЬКОВА

Научный руководитель С. Н. БЕРЕЗОВСКИЙ, канд. техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Основной целью работы являются исследования причин образования колеи на дорогах города Могилева и рекомендации по их снижению. Для достижения поставленной цели сформулированы и решены следующие задачи: определения степени колееобразования; оценки колеестойкости асфальтобетона; выбора методов и технологии работ по устранению и предупреждению образования колеи. В результате исследований в июне 2013 г. были проведены замеры параметров колеи по упрощенной методике на двух улицах города Могилева (проспект Шмидта, проспект Пушкинский). Эти колеи представлены на рис. 1.



Рис. 1. Колея по проспекту Шмидта и по проспекту Пушкинский

По визуальному осмотру можно сделать вывод, что колеи по проспекту Шмидта и проспекту Пушкинский относятся: по расположению в пределах полосы движения – к внешнему виду (справа по направлению движения); по очертанию в поперечном профиле – к колее с одним выпором. Глубина колеи измерена в самом глубоком месте каждого створа, по измеренному участку определена расчетная глубина. Для этого, анализируя результаты измерения, отбрасывают самую большую величину, а следующую за ней величину глубины колеи в убывающем ряде принимают за расчетную на данном участке. По результатам расчетов составлена таблица.

Полученные расчетные значения параметров и глубины колеи сопоставляют с их допустимыми и предельно допустимыми величинами по шкале оценки состояния дорог, измеренным по упрощенной методике.

Из полученных результатов видно, что полученная расчетная глубина колеи не превышает допустимые и предельно допустимые значения, следовательно, участки дорог не относятся к опасным и не требуют немедленного проведения работ по устранению колеи.

Е. В. ГОРБЕНКОВА, О. М. СТАРОЛАВНИКОВА,  
М. В. МАКСИМЕНКОВА

Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Построенная и сданная в эксплуатацию дорога находится под воздействием природно-климатических факторов, внешних транспортных нагрузок и внутренних физико-химических свойств материалов, однако, и сама влияет на окружающую среду. Наряду с загрязнением воздуха, шум стал не менее распространенным следствием технического прогресса и развития транспорта.

При интенсивном росте мегаполисов, автомобильный транспорт стал самым неблагоприятным экологическим фактором в охране здоровья человека и природной среды в городе. Таким образом, автомобиль становится конкурентом человека за жизненное пространство.

Автомобильные выбросы распространяются и трансформируются в атмосфере по определенным закономерностям.

К энергетическим загрязнениям окружающей среды автотранспортом относят шум, вибрации, электромагнитные излучения.

Воздействие транспортного шума на окружающую среду, в первую очередь, на среду обитания человека, стало проблемой. Огромное количество людей проживает в условиях шумового дискомфорта. Систематическое воздействие шума вызывает состояние раздражения, усталости, повышает вероятность стресса, нарушение сна, расстройства слуха. Затраты на лечение этих болезней составляют значительную сумму, намного превышающую возможные расходы на борьбу с шумом.

Инженер-дорожник должен знать особенности взаимодействия автомобиля с дорогой и природные условия каждого участка дороги, чтобы правильно организовать и выполнить работы по качественному состоянию дорожных покрытий, чтобы обеспечить высокие эксплуатационные показатели дороги и снизить воздействие на окружающую среду.

Перед строителями-дорожниками стоит задача выявить участки, где уровень шума превышает допустимые нормы и выполнить мероприятия по снижению уровня транспортного шума на среду обитания человека. Благодаря действиям дорожников по снижению уровня шума становится возможным сохранить здоровье населения и состояние окружающей среды. Новые технологии отвечают жестким требованиям, обеспечивая высокое качество работ и экологическую безопасность.



Ю. А. ВОЛКОВА, А. А. КОЗЛОВА

Научный руководитель Е. А. ШАРОЙКИНА

Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

С развитием дорог и туризма значительно увеличилось количество водителей, будь то обычный путешественник или дальнобойщик. А для любого водителя в дороге жизненно необходимы: еда, сон и туалет.

В настоящее время на республиканских автомобильных дорогах функционирует 341 автозаправочная станция, 166 газозаправочных пунктов, 59 гостиниц, 44 мойки, 84 охраняемые стоянки, 345 предприятий торговли, 454 пункта питания и 90 пунктов технического обслуживания.

Но, по сравнению с западными странами, придорожный комплекс в Республике Беларусь представлен очень слабо. Путешествуя по дорогам республики, водитель и путешествующие вместе с ним пассажиры, ощущают на себе многие недостатки нашего придорожного сервиса, такие как: малое количество, по-настоящему, чистых и теплых туалетов и душевых кабин вдоль дорог; нехватка станций технического обслуживания и придорожных кафе. Очень остро, особенно в зимнее время, ощущается нехватка специализированных, очищенных стоянок для грузовиков.

Однако государство предпринимает ряд существенных мер по улучшению сложившейся ситуации. Страна, которая расположена на перекрестке европейских дорог, не может иметь плохой придорожный сервис. Поэтому к объектам придорожного сервиса сегодня предъявляются повышенные требования как по безопасности, так и по качеству обслуживания и комфортности отдыха.

На улучшение сферы придорожного сервиса было направлено сразу несколько принятых правительством документов. В частности, «Национальная программа развития туризма в Беларуси на 2006–2010 гг.» и программа "Дороги Беларуси" на 2006–2015 гг. На разработанные мероприятия по этой программе в течение 10 лет направлено более 23 трлн р., а развитие придорожного сервиса объявлено одним из приоритетов. Согласно этой программе бизнесмены получают «невиданные» льготы: они освобождаются от налога на недвижимость и на прибыль, арендной платы на несколько лет, а также могут получить льготный кредит на сумму от 50 до 500 тысяч долларов. По официальным данным на 15 марта 2013 г., воспользоваться щедростью государства и получить льготы на этих условиях успело уже 38 организаций. А согласно планам развития дорожного сервиса на ближайшие 3 года, в каждой области предусматривается строительство порядка 50 пунктов АЗС, 50 пунктов общественного питания 10 гостиниц.

О. И. БРОДОВА, Е. Г. БЕНДЕВА, Т. А. ПОЛЯКОВА

Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

В настоящее время энергосбережение играет важную роль для каждого предприятия. В Беларуси 2013 г. был назван годом бережливости. Был проведен анализ работы по энергосбережению за 2012 г. ведущей дорожной организацией в сфере содержания автомобильных дорог Могилевской области – РУП «Могилевавтодор».

Основными мероприятиями по экономии топливно-энергетических ресурсов РУП «Могилевавтодор» явились: применение добавки «Ион-М» для повышения эффективности горения мазута при приготовлении асфальтобетонных смесей на АБЗ; перевод устройства поверхностной обработки с применением битума на применение битумной эмульсии; обновление морально устаревшего теплообменника на ЛДД-773; замена котла на центральной базе ДЭУ-77 на более производительный; использование энергосберегающего сетевого насоса в котельной ДЭУ-73; внедрение автоматических систем управления освещением, использование энергоэффективных осветительных устройств, секционное разделение освещения. Была проведена модернизация теплотрассы с внедрением эффективных трубопроводов (предварительно изолированных труб).

Предприятие добилось высоких результатов по внедрению местных видов топлива. Доля местных видов топлива в котельно-печном топливе с каждым годом увеличивается и в 2012 г. составила 67,7 %. Количество потребляемых отходов местных видов топлива собственного производства также увеличилось и составило 47 т усл.топл.

Фактическая итоговая экономия топливно-энергетических ресурсов составила 49,7 т усл.топл., даже превысив ожидаемый эффект на 1,2 т усл.топл., а включая экономию топливно-энергетических ресурсов по мероприятиям предшествующего года внедрения увеличилась на 88,2 т усл.топл.

Предприятию удалось реализовать все планируемые мероприятия. Однако затраты на внедрение мероприятий оказались выше планируемых.

Целевой показатель по энергосбережению в 2012 г. составил – 6,2 %.

Анализ выполняемой работы РУП «Могилевавтодор» по энергосбережению показывает, что проводимые мероприятия приносят с каждым годом все больший экономический эффект.

УДК 625.08

ПРИМЕНЕНИЕ ДОРОЖНЫХ КАТКОВ С ВИБРОМЕХАНИЗМАМИ  
ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ УПЛОТНЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

П. С. ВЕРЕТЕННИКОВ, А. В. ГВОЗДЕВ

Научный руководитель С. Б. ПАРТНОВ, канд. техн. наук, доц.  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Одним из важнейших условий строительства дорог является долговечность покрытия и сохранение его несущих свойств на протяжении длительного срока. Уплотнение является завершающей операцией строительства дорожного покрытия.

Критерием эффективности уплотнения можно считать достижение требуемой плотности в сочетании с минимальными ресурсозатратами. Наиболее эффективным и производительным способом уплотнения является укатка виброкатками. Применение вибрации позволяет, во-первых, существенно снизить массу катка, а, во-вторых, расширить диапазон эффективного применения машины. На существующих дорожных виброкатках используется принцип центробежного генерирования вибрации, когда внутри вальцов катка вращается груз со смещенным центром тяжести – дебалансный механизм. При этом возникающие центробежные силы направлены по вертикали. Такая схема применяется практически на подавляющем большинстве вибрационных катков в настоящее время.

Однако, как показала практика, такая схема передачи вибрации на уплотняемый материал нежелательна при уплотнении материала виброкатками вблизи фундаментов, электрокабелей, трубопроводов, мостов и т. д.

Предлагается конструкция вибратора для генерирования горизонтальных колебаний. При работе виброкатков с горизонтальными вибромеханизмами, в отличие от классических дорожных виброкатков с обычной схемой генерирования вибраций, вертикальные ударные нагрузки не возникают, отсутствует передача вибраций на рабочее место оператора, снижается его утомляемость, исключается разрушение уплотняемого материала, снижается уровень вибрационных нагрузок на объекты, расположенные вблизи проведения уплотняемых работ. Применение предложенных механизмов позволяет существенно снизить возникновение трещин в материале покрытий, значительно облегчить операции окончательной отделки поверхности покрытия.

УДК 532.63

ВЛИЯНИЕ КАПИЛЛЯРНОСТИ НА ПОКРЫТИЕ ДОРОГ

Ю. А. ВОЛКОВА, О. С. ВИНОГРАДОВА

Научные руководители: В. Т. ПАРАХНЕВИЧ канд. техн. наук, доц.;  
А. М. СЕРГЕЕВА  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Первоначально микроскопические трещины (капилляры) в твердых материалах, вообще, и в твердом покрытии дорог, в частности, образуются за счет многократного увеличения, а затем, уменьшения температуры окружающей среды. Так, для автомобильных дорог диапазон изменения температур для нашего региона составляет от  $+35^{\circ}\text{C}$  до минус  $30^{\circ}\text{C}$ . Что равняется перепаду температур более  $70^{\circ}\text{C}$ . Многократное сжатие материала при охлаждении, а затем расширение его при нагревании приводит к образованию микроскопических трещин – капилляр. В дальнейшем разрушение происходит за счет заполнения капилляров водой.

Замерзая, вода в капиллярах увеличивается в объеме. Это приводит к увеличению их размеров. Так, плотность воды при  $t = 0^{\circ}\text{C}$  составляет  $\rho_{\text{в}} = 999,84 \text{ г/см}^3$ , а плотность льда при этой же температуре  $\rho_{\text{л}} = 916,8 \text{ г/см}^3$ . Следовательно, увеличение объема при замерзании воды составит 8,3 %. Расширение капилляров или трещин покрытия происходит, в основном, за счет увеличения их поперечных размеров. Так, если до замораживания воды трещина имела поперечный размер 1,00 мм; то после первого замораживания ее величина составит 1,083 мм. После оттаивания и второго замораживания ее размер увеличится до 1,17 мм. После пятого до 1,47 мм. После десятого до 2,19 мм. Т.е. после десятикратного замораживания поперечный размер капилляра увеличивается более чем в два раза. Число оттепелей за зиму может быть и более десяти. Очевидно, что разрушение возможно тогда, когда трещина может быть заполнена водой. Это наблюдается тогда, когда поперечный размер трещины значительно превышает размер молекулы воды ( $>0,3 \text{ нм} = 0,3 \cdot 10^{-6} \text{ мм}$ ), кроме того материал покрытия должен обладать таким свойством, как смачиваемость.

Трещины нарушают сплошность покрытия. Поэтому оно не в состоянии воспринимать нормативные нагрузки подвижного транспорта. Происходит дальнейшее увеличение размеров трещин. Они превращаются в выбоины, что, в конечном случае, приводит к непригодности эксплуатации дороги. Степень разрушения дороги, кроме того, зависит от интенсивности движения транспорта и его грузоподъемности.