

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

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Материалы Международной
научно-технической конференции
молодых ученых
(Могилев, 29–30 октября 2020 года)

Могилев
«Белорусско-Российский университет»
2020

УДК 621.01:531:625.08:69:62-82«324»(0.43.2)

ББК 34.5:22.21:39.3:38:31.291

Н 72

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

Н 72

Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Междунар. науч.-техн. конф. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т; редкол.: М. Е. Лустенков (гл. ред.) [и др.]. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2020. – 201 с.: ил. ISBN 978-985-492-245-4.

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

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

УДК 621.01:531:625.08:69:62-82«324»(0.43.2)

ББК 34.5:22.21:39.3:38:31.291

ISBN 978-985-492-245-4

© Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Пленарное заседание

КРУЧИНИНА А. С. Способ совмещенной обработки резанием и магнитно-динамическим накатыванием.....	14
МАРКО О. Ю., КОРБУТ Е. Е. Разработка энергосберегающих режимов твердения бетона с добавкой «УКД-1»	18
ПОТАПОВ М. А. Обзор подходов к моделированию электропривода мотор-колеса карьерного самосвала.....	22

Секция 1. Технология и оборудование машиностроения, автоматизация технологических процессов и производств, мехатроника и робототехника

АБРАМОВ Р. В., ПАНКРУШЕВ К. В., РЕВЕКО Д. С. Расчет интенсивности изнашивания рабочих поверхностей детали «диск разбрызгивателя».....	24
ВАСЕЧКИН С. А., БАКУЛИН В. А., ЩЕРБАКОВ А. Н., ЗАХАРОВ Л. А. Проектирование настольного токарного станка с ЧПУ на базе УЧПУ Fanuc.....	26
ВАСИЛЬЕВА Д. Е., ВАСИЛЕВСКАЯ М. О. Технологическое обеспечение параметров надежности формообразующих деталей пресс-формы.....	27
ВИННИЧЕК К. С., ЛИТВИНОВИЧ Т. П. Конструкция резьбового резца для нарезания наружной метрической резьбы.....	29
ВОРОНИНА И. Д., АФАНАСЕНКОВА Е. И. Модель обеспечения параметров надежности узлов на основе анализа размерных связей.....	30
ГОРАВСКИЙ И. А., ДЕЙХИНА Т. В. Исследование износа концевых фрез Р6М5, упрочненных аэродинамическим звуковым методом.....	32
ЕЛИСЕЕВА А. Н. Повышение эксплуатационных свойств металлических изделий, основанных на химико-термической обработке.....	33
ЕФРЕМЕНКО А. И. Алгоритмы оптимизации траектории перемещения режущего инструмента.....	34
ЕФРЕМЕНКО А. И. Интеллектуальная система для управления процессом сверления.....	35
КАЗАКОВ Д. Ф. Промышленная автоматизация: на пути к применению «open-source-контроллеров».....	36
КАЛМЫКОВ А. С. Влияние изменения направления прокатки на формирование механических свойств и геометрию латунных листов.....	37

КЛЯУС О. Н. К вопросу влияния углов при вершине сверл при формировании глубоких отверстий.....	38
КОНДРАТЧИК Н. Ю., ВЕРЕМЕЙКО Е. А. Процессы, сопровождающие прессование порошков	39
КУВШИННИКОВ В. С. Формирование карты безопасных перемещений подъёмно-транспортной системы на основе эволюционного алгоритма.....	40
КУЗНЕЦОВ В. А., БУШУЕВА Е. В., ЛОБЧУК Е. В. Применение приспособлений с активными силовыми механизмами при обработке нежестких высокотехнологичных деталей.....	41
ЛИТВИНЧЁВ К. А. Интерактивное устройство индикации загазованности на базе цифровых светодиодов WS2812B.....	43
МАСАЛЬСКАЯ А. А., ЛАКАЛИНА Н. Ю., ЛЕВЫЙ Д. В. Автоматизированное проектирование шпиндельных узлов.....	44
МАСЛОВА К. С. Математические модели как основа разработки экзоскелетов.....	45
ПЕРЕШИВКО И. О. Разработка автоматизированной системы регулирования параметров микроклимата в мини-теплице.....	46
ПОЛТОРАЦКИЙ С. Г. Особенности формирования шестигранных отверстий.....	47
САСКОВЕЦ К. В. Разработка методов оценки и обеспечения точностных эксплуатационных показателей радиально-плунжерных передач	48
СМАГИНА М. Н., ТЕРЕШКОВА Е. Р. Повышение энергоэффективности работы конвекционных и ротационных печей.....	49
СТЕПАНОВИЧ П. В. Анализ результатов испытания кольца стопорного на машине разрывной гидравлической 600М для сравнения с исследованиями САД-системы АРМ FEL.....	50
ТАРАДЕЙКО И. А. Повышение глубины модификации поверхностного слоя упрочняемых деталей комбинированным магнитно-динамическим накатыванием.....	51
ТИМАНОВСКИЙ Е. А. Математическое моделирование спирально-ленточной мешалки на напряжения в SolidWorks.....	52
ШАТУРОВ Д. Г. Влияние скорости резания на физические характеристики компонентов состава твердого сплава и стойкость инструмента.....	53

Секция 2. Механика машин и механизмов

АТАЕВ Р. М. О потере устойчивости слоистой оболочки, содержащей электрореологический композит.....	54
БОДУНОВА А. Д. Компьютерный анализ распределения сил между составными роликами в планетарной торовой винтовой передаче.....	55
БОДУНОВА А. Д. Механизм выравнивания распределения нагрузки между составными роликами в планетарной торовой винтовой передаче.....	56
ВЕКША И. А. Расчет дифференциального уравнения движения робота в сферической системе координат.....	57
ГОШКО З. О., МАГАЦ М. И., ЮХИМЧУК С. Ф. Модернизированная электромагнитная вибрационная дробилка.....	58
ЛУСТЕНКОВА Е. С. Классификационная схема сферических передач с промежуточными телами качения.....	59
ЛУСТЕНКОВА Е. С. Сравнительный анализ структуры сферических передач различных типов	60
МАГАЦ М. И., ШЕВЧУК В. В., СИНИЙ С. В. Схема двухходового мини-агрегата с комбинированными рабочими органами	61
МАКАРЕВИЧ А. С., МАКАРЕВИЧ С. Д. Разработка структурного варианта эксцентриковой передачи с параллельным расположением входного и выходного валов.....	62
МАКАЦАРИЯ Д. Ю. Перспективы создания отечественных гидроприводов на основе передачи эксцентрикового типа.....	63
МИХИЕВИЧ А. П. Свободные и вынужденные колебания сэндвич-балки, содержащей электрореологический композит	64
МОИСЕЕНКО А. Н., МЕТЕЛИЦА Я. Н. Исследование движения оси ролика сферической роликовой передачи	65
МОИСЕЕНКО А. Н., МЕТЕЛИЦА Я. Н. Определение геометрических параметров сферических роликовых передач с двухрядным сателлитом.....	66
ОСАДЧИЙ И. А., БУСЕЛ М. О. Определение центра тяжести динамического объекта.....	67
ПРУДНИКОВ А. П. Определение действующих сил в планетарной торовой винтовой передаче.....	68
СИДОРОВИЧ А. А. О некоторых вопросах изложения сил инерции.....	69
ШАНТЫКО А. С., ЧЕПЕЛЕВИЧ С. С. Ходовая часть мобильного энергетического средства.....	70
ЮХИМЧУК С. Ф., ЮХИМЧУК С. Н., ЛЕВКО С. И. Расстелитель ленты стеблей льна льноуборочного комбайна	71

Секция 3. Технологии получения и обработки новых материалов и покрытий

АЗАРЕНКО И. М. Теплоизоляционный пористый материал на основе гранитоидных отсеков и отходов черной металлургии.....	72
АНДРИЕНКО В. М., ДУВАЛОВ П. Ю. Исследование влияния термической обработки и легирования никелем на износостойкость ИЧХ18ВМ.....	73
АСТРАШАБ Е. В., ГРИГОРЧИК А. Н. Термическая обработка газотермических покрытий из алюминиевого сплава.....	74
БОНДАРЕНКО Н. И., ШАКУРОВА Н. В. Исследование микроструктуры композиционного вяжущего.....	75
БУКА А. В. Электрофизические свойства композиционных материалов на основе ортоферрита висмута и полимера.....	76
ВАСЕНИЧЕВА А. В. Влияние времени выдержки в ацетоновой бане пластика ABS на профиль поверхности изделий.....	77
ВАСЕНИЧЕВА А. В. Снижение шероховатости поверхности полимерных изделий, изготовленных на принтере VShaper PRO.....	78
ВАСИЛЕВСКИЙ А. С. Сорбционные материалы из природного сырья для очистки сточных вод от фосфатов.....	79
ГУНДИЛОВИЧ Н. Н., ГОЛУБЕВА М. В. Анализ влияния температурно-временных параметров обжига на прочность кварцевой керамики	80
ДЕМЬЯНКОВ В. С., РОМАНОВСКИЙ А. И. Модифицирование алюминиевых бронз.....	81
ЖИХ Б. П., ДОВНАР И. Н. Люминесцирующие сложно-оксидные и оксифторидные оптические материалы, активированные ионами редкоземельных элементов.....	82
КАРИМОВ Р. Р., ВЛАДИМИРОВ А. А. Обработка поверхностей ролика привалковой арматуры прокатного стана электроискровым легированием.....	83
КОВАЛЁВ А. М. Получение алюминиевого прутка методом непрерывного литья вверх.....	84
КОЗОДОЙ Т. С. Оценка привеса отваренной хлопчатобумажной ткани после пропитки водной дисперсией стирол-акрилата.....	85
КОСТИК Е. А., ЛЕВИЦКИЙ И. А. Декоративные покрытия кракле для майоликовых изделий.....	86
ЛАВРИНЮК Д. Н. Механические свойства алюминиевой проволоки, деформированной методом «прессование – волочение».....	87
ЛЫМАРЬ Г. В. Влияние радиально-сдвиговой прокатки на микротвердость технической меди.....	88

МИСКИЧЕКОВА З. К., ЗАЙЦЕВА А. Д., КУЗИН Е. Н., КРУЧИНИНА Н. Е., ГАЛАКТИОНОВ С. С., КРАСНОЩЕКОВ А. Н. Энерго- и ресурсосберегающая технология добычи скандия из диопсида.....	89
ОЛЕНЦЕВИЧ А. С., СЕЛИВАНОВА Ю. В. Особенности формирования структуры металлических изделий, получаемых аддитивными технологиями.....	90
ПИЩИКОВ В. Е. Исследование микроструктуры титана после деформирования кручением под высоким давлением.....	91
ПРИХОДЬКО Е. Л. Использование экстрактов <i>Evernia prunastri</i> и <i>Cladonia sylvatica</i> для стабилизации полимера.....	92
САМСОНОВА А. С. Кордиеритсодержащая керамика на основе различных природных магнийсодержащих компонентов.....	93
СОДИКОВА М. Р. «ARIN&M» – ингибитор коррозии многоцелевого назначения.....	94
СОДИКОВА М. Р., СОДИКОВ Т. С. Исследование ингибирующих композиций от коррозии для нефтепромыслового оборудования.....	95
СОДИКОВА М. Р., СОДИКОВ Т. С., АБДУМАВЛЯНОВА М. К. Противокоррозионная защита технологического оборудования и конструкций ингибитором коррозии «ARIN&M».....	96
ФЕДОСЕНКО А. С. Структура стали 12X18H10, полученной методом селективного лазерного сплавления.....	97
ШАБУРА М. А. Твердофазовые взаимодействия при синтезе сегнетокерамики.....	98

Секция 4. Новые технологии в сварочном производстве

БОЛОТОВА Е. Л. Структура автоматизированной системы регистрации сварочных процессов.....	99
ЕРМОЛЕНКО Р. А. Разработка приспособления для столаманипулятора робота FANUC ROBOT ARC MATE 100IC.....	100
ЛИЦЕРОВА А. К. Обзор эффективности использования добавки гексафторида серы в атмосферу защиты при дуговой сварке.....	101
НГУЕН З. К. Калибровка труб большого диаметра силовым воздействием на металл в зоне сварного шва.....	102
ПОЛЯКОВ А. Ю., СТЕПАНОВ А. А., ГАЛИНСКИЙ Н. Д. О формульной закономерности влияния усилия сжатия электродов на величину энергии, выделяемой в межэлектродной зоне при рельефной сварке.....	103
ФЕТИСОВА Е. А., КОРОТЕЕВ А. О. Влияние напряжения на частоту переноса электродного металла при дуговой сварке с	

введением газообразных галоидных соединений в защитную газовую атмосферу..... 104

ЮМАНОВ Д. Н., НАУМОВЕЦ И. А., МАЛАШЕНКО Л. С. О перемещении подвижного электрода при контактной рельефной сварке как критерии образования качественного соединения 105

ЮМАНОВ Д. Н., ЛАРИОНОВ Г. А., КОРОЛЕВ Е. М. Разработка виртуального блока цикла системы программного управления процессом контактной рельефной сварки..... 106

Секция 5. Транспортные и технологические машины

БОБРОВ А. А. Определение динамических нагрузок крановых механизмов с применением ЭВМ..... 107

БАЛИУЛИНА А. А. Устойчивость криволинейных пластин при сжатии..... 108

ГАЛКОВСКИЙ А. В. Выбор частотных характеристик модулятора ABS автомобиля..... 109

КУНАНЕЦ А. А. Анализ опор козловых кранов грузоподъемностью свыше 12,5 т 110

КУРОЧКИН Н. В. Молотковая дробилка с нижней загрузкой материала в технологической линии производства цемента..... 111

ЛАПИКОВА Н. И., ЛАСОЦКИЙ В. В., ВЕСЕЛОВ В. О. О возможности повышения сцепления гусеничных движителей с прочным грунтом 112

ПЕЧЕРИЦА М. А., КОЛЕСНИКОВА О. В., ТЮПЕНЬКОВ А. А. Расчет низкотемпературной сушилки с тепловым насосом..... 113

ПЕЧЕРИЦА М. А., МУНАССАР Е. Х. А., ГРАЧЕВ Н. А. Моделирование процесса гранулирования корма из отходов свеклосахарного и консервного производства 114

ПОТАПОВ В. А. К особенностям проектирования кривошипно-коромыслового механизма цепного агрегата..... 115

РУСАЯ К. О. Транспортные возможности беспилотной авиации..... 116

Секция 6. Инновации в строительстве

АНКУДА М. К. Солевые эвтектические расплавы – эффективный интенсификатор обжига цементного клинкера..... 117

БАЛДЖИ Н. А., БОРИСЕНКО О. В. Подход «Безопасная система» в дорожном движении..... 118

БАРИЛОВА И. В., БОЖЕНКОВ И. С., КАРАЧИНОВ Е. А. Влияние прочности тела фундамента на выбор его оптимальных размеров 119

БЕЗРОДНЫХ А. А., МАРКОВА И. Ю., СТЕПАНЕНКО М. А. Структурно-топологические особенности глинистых грунтов как показатель эффективности их укрепления.....	120
БОНДАРЕНКО Д. О., ВАЛУЙСКИХ К. А. Исследование влияния фракционного состава заполнителя на прочность стеклобетона.....	121
БРОДОВА О. И., СЕРГЕЕВА А. М., ПОЛЯКОВА Т. А. Исследование возможности использования грунтов из отвалов.....	122
ДАВЫДОВА Е. С., РУСАК К. Я. К вопросу прочности профилированных листов.....	123
ЖАРКОВ М. В. Эмульсионно-минеральные смеси для содержания и ремонта асфальтобетонных покрытий.....	124
ЖЛОБНИЦКИЙ М. Д. Инновации в обеспечении конкурентоспособности строительных компаний в России.....	125
ЗУБКОВ Е. А. Моделирование вариантов одноуровневых перекрестков в AnyLogic.....	126
ЗУБКОВ Е. А. Совершенствование организации дорожного движения на перекрестке проспекта Пушкинский, улицы Гагарина и улицы Большая Чаусская в AnyLogic.....	127
КОРЗАЧЕНКО Н. Н. Изменение плотной городской территории на основании зонирования.....	128
КРАНТОВСКАЯ Е. Н., КСЁНШКЕВИЧ Л. Н., СУНАК П. О. Ширина раскрытия нормальных и наклонных трещин неразрезных железобетонных элементов.....	129
КСЁНШКЕВИЧ Л. Н., ПЕТРОВ Н. Н., СИНЬИЙ С. В. Оптимизация высокопрочного бетона на механоактивированном вяжущем.....	130
КУРАШОВ С. В. Применение техники для ремонта автомобильных дорог местного назначения.....	131
ЛЕБЕДЕВА Ю. Н. Влияние подбора оптимального состава асфальтобетонной смеси на эксплуатационные характеристики конструкций дорожных покрытий.....	132
МАКУШЕНКО Е. Н. Тепло- и звукоизоляционные материалы с развитой пористой структурой.....	133
МИХАЛЬКОВ В. С., ШКИЛЬНЮК М. А. Особенности формирования элементов при проектировании металлических конструкций.....	134
МИХАЛЬКОВ В. С., ШКИЛЬНЮК М. А. Сравнение полученных данных при расчете несущей стальной колонны в Robot Structural Analysis.....	135
МОРОЗОВ И. В. Применение САПР ANSYS для оптимизации затрат по анализу работы легкого железобетона.....	136

МОРОЗОВ И. В. Прогнозирование прочностных характеристик легкого железобетона с использованием нейросетей.....	137
МОСКАЛЬКОВА Ю. Г., РЖЕВУЦКАЯ В. А. Керамзитобетон на основе керамзитового гравия производства ОАО «Завод керамзитового гравия г. Новолукомль».....	138
НЕЛЮБОВА В. В., УСИКОВ С. А., КУЗЬМИН Е. О. Влияние состава добавок на прочность модифицированного цементного камня.....	139
ПЕТРОВ Н. Н., КРАНТОВСКАЯ Е. Н., СУНАК П. О. Относительная высота сжатой зоны бетона внецентренно растянутых и сжатых балок.....	140
РАНЦЕВ Н. П. Совершенствование ремонта автомобильных дорог путем применения органических добавок	141
РЯБИНИНА К. М. Пути повышения качества дорожных битумов.....	142
СОТНИК Л. Л. Анализ изменения угла захвата в вибровалковом измельчителе.....	143
СОТНИК Л. Л., ГОРБАЧ Ю. Е. Оценка эффективности использования вибровалкового измельчителя.....	144
ШАФРАНОВА Т. Ю. Технологические инновации: применение, перспективы, тенденции развития в дорожно-строительной отрасли.....	145
ЮРЧЕНКО В. В. Современные способы транспортировки дорожно-строительных и ремонтных материалов.....	146

Секция 7. Автоматизация, электропривод, электрооборудование

АВДЕЕВ А. М. Система распознавания лиц для анализа пассажиропотока для городского транспорта.....	147
ДОРОГОВ Н. В., КУКЛИН В. А., БОБИНА Е. А., КАРАНДАШОВ С. А. Управление нагревательным элементом интегральной противообледенительной системы.....	148
ЗАПОЛЬСКИ А. Я. Кіраваны пераўтваральнік аднафазнай сеткі ў трохфазную для асинхронных рухавікоў.....	149
КОШКО А. Н. Влияние микроклиматических параметров на надежность и долговечность электрических машин.....	150
МАКСИМЧУК А. Д. Зарубежный опыт использования электротранспорта.....	151
НОСОВА Т. И., ЗАЙЦЕВА А. Д. Разработка технологии получения треххлористого титана для производства солнечных батарей.....	152
ПЕТРАЧЕНКОВА Д. А. Лабораторный стенд для изучения характеристик асинхронного электродвигателя.....	153

РЫБАКОВ Н. А., ВОРОБЬЁВ В. В. Автоматизированный трактор без кабины.....	154
ТЕРЕЩЕНКО К. В. Имитационное моделирование работы авиационного вентильного генератора.....	155
ТРЕТЬЯКОВ А. С., КАПИТОНОВ О. А. Разработка наблюдателя состояния скорости с учетом переменных параметров схемы замещения асинхронного электродвигателя.....	156
ТРЕТЬЯКОВ А. С., НЕКИПЕЛОВ А. О. Разработка алгоритма фильтрации сигналов при работе с цифровым осциллографом.....	157

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

БЕРЕЗИНА В. П. Результаты применения энергосберегающего жидкокерамического изоляционного покрытия в централизованном теплоснабжении.....	158
ГУМЕННИКОВ Е. Д. Генерация текстов, эквивалентных предоставленному образцу.....	159
КАРАЧУН О. Г. Модель причинно-следственных связей между функциональными компонентами сложной системы.....	160
МАСЛОВА К. С. Возможности применения люминесцентного метода для оценки гранулометрического состава измельченных зерновых продуктов.....	161
МЕДВЕДЕВ В. А. Исследование причин неравномерного распределения физико-механических свойств стальных сосудов на выходе прокатно-прессовой линии.....	162
МЕЛЬНИК А. В., УЛЬ А. В. Особенности обработки радарных данных с синтезированной апертурой.....	163
МИХЕЕВ С. С. Характеристики отражательного терагерцового сенсора глюкозы в растворе.....	164
НАГУЛА А. А. Диагностика опор подшипников качения электрических генераторов.....	165
ОРЛОВСКИЙ П. С., ФЕДОССЕВ О. И. Дистанционный мониторинг радиационных аномалий.....	166
ПЕТУХОВ И. С., СЕПЕСЕВА Ю. А. Параметры, влияющие на качество деталей, получаемых технологией газовой формовки.....	167
РЫБЧАК С. В., ЮРГАНОВ К. В. Обзор поверок расходомеров на исходном эталоне единиц массового и объемного расхода воды «Эталон».....	168
САМАРИН М. Д. Исследование спектральных характеристик измельченного зернового кофе с различными степенями помола.....	169
УЛЬ А. В., МЕЛЬНИК А. В. Радарные космические снимки в исследованиях последствий землетрясений.....	170

Секция 9. Информационные технологии

АВАНЕСОВ Д. А., СЕРГИЕНКО О. В. Организация обучения ИТ-специальностям посредством олимпиадного программирования...	171
ДЕМИДЕНКО А. А. Повышение эффективности систем пожарной сигнализации при помощи ИТ-технологий.....	172
ДЕНИСЕВИЧ Д. А. Особенности реализации генетического алгоритма в условиях производства.....	173
КУЗИЧЕВ Ю. И. Автоматизированная система медицинских осмотров ЭСМО.....	174
КУПРЯШОВ А. В. Исследование динамики многофункционального покрытия защитного элемента летательного аппарата.....	175
КУРОЧКА К. С., ПАНАРИН К. А. Локализация жировых клеток на конфокальных изображениях на основе нейронных сетей MASK R-CNN.....	176
ЛАЗАРЕВ А. И. Автоматизированная система обеспечения работы клиентов в беспроводных корпоративных сетях на базе мобильных процессоров.....	177
ЛАЗАРЕВ А. И. Разработка системы централизованного сигналов на частотах 315 / 433 MHz на базе RASPBERRY PI 4B.....	178
ЛАЗАРЕВ А. И. Реализация сегментированного участка корпоративной сети с интеграцией NAS-системы на платформе одноплатного компьютера RASPBERRY PI.....	179
ЛЯЩИНСКИЙ В. Н. Методика и программные средства для формирования оптимального туристического маршрута.....	180
МИЛЬТО В. Д. Программные средства для повышения эффективности работы сварщиков на основе анализа параметров сварочных процессов.....	181
МУЗЫЧЕНКО А. С. Анализ значимости HE-факторов при проектном управлении на основе нейросетевой модели.....	182
ПЕРЕПЕЧКИН П. А. Приемы выбора систем управления для промышленных предприятий на основе стандарта MRP.....	183
СЕМЕНЧЕНЯ Т. С., КУРОЧКА К. С. Алгоритм построения 3D-модели межпозвоночного диска на основе КТ-изображения.....	184
ШУБОВ А. Л. Программная система для улучшения когнитивных способностей у пожилых пациентов, наблюдающихся у врача-психотерапевта.....	185

Секция 10. Инновационная экономика в развитии общества

БУЛЫГИНА О. В. Модель анализа HE-факторов при управлении наукоемкими проектами.....	186
ЕРМОЛИЦКАЯ О. В. Особенности ведения бухгалтерского учета лизинговых операций в Республике Беларусь.....	187

ЖЛОБНИЦКИЙ М. Д. Перспективы развития потенциала стран Африки благодаря деятельности МВФ.....	188
ЛОПАЧЕВА А. И. Использование высокотехнологичных факторов производства в аграрной экономике.....	189
НОВИК Д. С., РАВКО С. А., ТАРАСЮК А. И. Совершенствование экологического менеджмента университета.....	190
ПЕРЕПЕЧКИН П. А. Экономическая эффективность производства оптического кабеля на основе роста качества.....	191
ПОЛЮХОВИЧ А. Д., РУСЕЦКАЯ М. И. Пути повышения энергетической безопасности страны.....	192
ПОЛЮХОВИЧ А. Д., РУСЕЦКАЯ М. И. Цифровизация как переходный процесс повышения энергобезопасности страны.....	193
СМАГИНА М. Н., ТЕРЕШКОВА Е. Р. Совершенствование оперативного планирования тепловых операций в пищевой промышленности.....	194
УВАРОВА Н. А. Основные принципы реализации кластерного подхода для развития инновационного потенциала Смоленского региона.....	195
ХАРЛАМОВ П. С. Анализ тенденций развития унитарных предприятий.....	196
ХАРЛАМОВ П. С. Развитие малого бизнеса в городском хозяйстве.....	197
ХАРЛАМОВ П. С. Управленческие мероприятия для повышения эффективности льноводства в Смоленской области.....	198
ЮНЯШИН А. А. Разработка методики сбалансированной системы оценочных показателей для предприятий легкой промышленности.....	199
ЮНЯШИН А. А. Формирование и реализация потенциала промышленных предприятий на основе применения аутсорсинга.....	200

УДК 621.9

СПОСОБ СОВМЕЩЕННОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ И МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКИМ НАКАТЫВАНИЕМ

А. С. КРУЧИНИНА

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

Отделочно-упрочняющая обработка внутренних цилиндрических поверхностей деталей является значимой для достижения высоких показателей качества поверхности.

Разнообразие способов отделочно-упрочняющей обработки позволяет выбирать наиболее оптимальный метод исходя из условий эксплуатации деталей, объемов производства, а также от требуемого качества поверхности.

По типу воздействия инструмента на обрабатываемую деталь разделяют статические и динамические методы поверхностно пластического деформирования. Статические методы основаны на воздействии постоянной (прижимной) силы на обрабатываемую поверхность детали, а динамические – на упорядоченном или хаотическом соударении деформирующих элементов о деталь, движущихся в окружном или возвратно-поступательном направлении.

Однако существует ряд технологических и конструкторских особенностей при использовании статических способов обработки. Создание оптимального натяга, обеспечение постоянной прижимной силы, использование инструментов из дорогостоящих материалов, наплывы металла на торцовых поверхностях, а, следовательно, необходимость в дополнительной зачистной обработке, а также применение дополнительного специального оборудования приводят к снижению производительности и повышению стоимости изготовления детали.

Динамические методы также позволяют достичь высоких показателей поверхности при меньших силах деформирования, а также позволяют производить обработку маложестких деталей. Ограничение в использовании динамических методов зачастую заключается в сложности осуществления [1–3].

Однако методы ППД находят ограниченное применение в связи с необходимостью введения дополнительной операции в технологический процесс [4].

Наряду с классическими методами обработки внутренних цилиндрических поверхностей, находят широкое применение методы, осуществляемые совмещенными инструментами, включающие в себя лезвийную и от-

делочно-упрочняющую обработку. Преимущества использования данных методов в том, что совмещение двух операций в одну позволяет сократить технологическое время на обработку деталей, повысить производительность с обеспечением требуемого качества поверхности, а также осуществить метод обработки на универсальном оборудовании [5].

Способ совмещенной обработки резанием и магнитно-динамическим накатыванием позволяет выполнять отделочно-упрочняющую обработку отверстий цилиндрических деталей типа цилиндров, втулок, колец. Обработка производится инструментом, имеющим расточной и магнитно-динамический модули, которые устанавливаются соосно друг за другом на единую оправку. Для реализации способа (осуществления данного совмещенного способа обработки) предварительно производится настройка совмещенного инструмента на заданный размер исходя из величины припуска на чистовую или получистовую обработку. При настройке также возможно использование кондукторной втулки. Обрабатываемая цилиндрическая деталь 1 устанавливается и закрепляется в приспособлении, предварительно установленном на столе станка (станки сверлильной и фрезерных групп) или в патроне (станки токарной группы). На рис. 1 представлена схема совмещенной обработки.

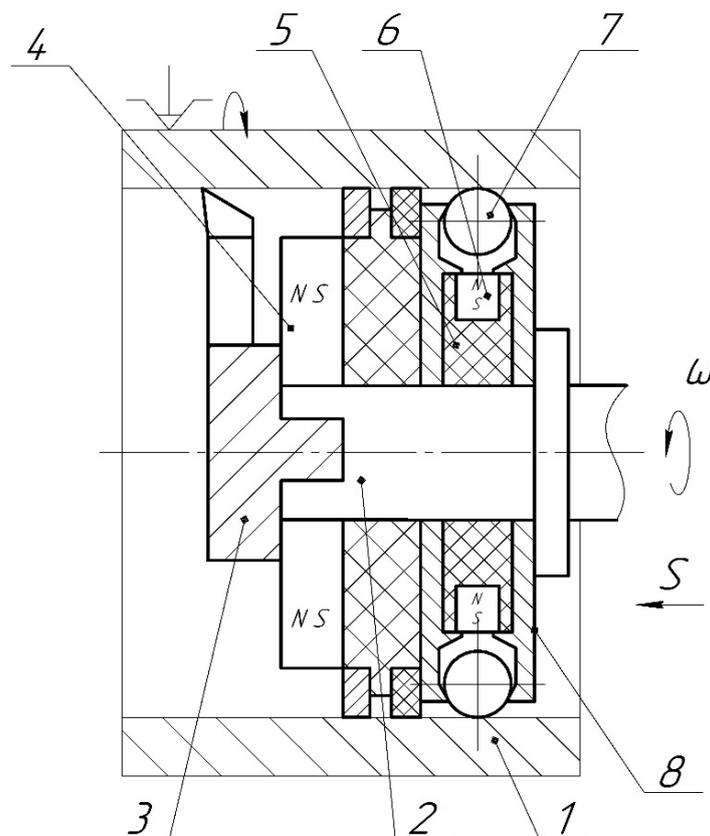


Рис. 1. Схема совмещенной обработки резанием и магнитно-динамическим накатыванием

Оправке 2, закрепленной в шпинделе (станки сверлильной и фрезерных групп), сообщается вращательное движение ω . Для станков токарной группы вращение сообщается обрабатываемой детали 1. Подача S сообщается либо детали, либо инструменту в зависимости от того на каком оборудовании осуществляется обработка.

Резцовый модуль 3 включает в себя резец для осуществления процесса резания и обеспечения точностных требований, предъявляемых к детали. Настройка на необходимый диаметральный размер осуществляется при помощи расточной головки. Также резцовый модуль 3 содержит источник дополнительного магнитного поля 4, который выполняет две задачи: отвод образующей в процессе растачивания стружки от зоны деформирования, осуществляемого магнитным модулем, и опережающее намагничивание зоны деформирования.

Магнитно-деформирующий модуль 5 предназначен для отделочно-упрочняющей обработки и включает в себя магнитную систему с радиально расположенными источниками магнитного поля в виде постоянных цилиндрических магнитов 6 и ряд деформирующих шаров 7. Деформирующие шары 7 свободно располагаются в пространстве (полости) кольцевой камеры, образуемой двумя дисками 8, и приводятся в движение совместным воздействием центробежной силы и концентрированным потоком магнитного (энергии) поля, за счет чего совершают колебательные движения, нанося периодические удары по поверхности обрабатываемой детали [6].

При изготовлении магнитного модуля немаловажным фактором является требуемое количество постоянных источников магнитного поля, магнитная сила которых влияет непосредственно на общую силу деформирования [7, 8].

Разработанный способ совмещенной обработки резанием и магнитно-динамическим накатыванием обеспечивает:

- достижение высоких показателей по снижению шероховатости поверхности (с величины $Ra\ 10,4\dots 10,7$ мкм до величины $0,2\dots 1,7$ мкм);
- упрочнение поверхностного слоя детали на глубину $0,05\dots 1$ мм;
- изменение исходного диаметрального размера детали при совмещенной обработке резанием и магнитно-динамическом накатывании;
- обработку деталей твердостью до $50\dots 55$ HRC;
- повышение производительности обработки в 2–5 раз.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструмент для отделочно-упрочняющей обработки: пат. ВУ 11536 / А. М. Довгалев, Д. М. Рыжанков, Д. М. Свирепа. – Оpubл. 28.02.2009.
2. Упрочняющий инструмент: пат. ВУ 15364 / А. М. Довгалев, Д. М. Свирепа, Д. М. Рыжанков, С. А. Сухоцкий. – Оpubл. 28.02.2012.
3. Способ магнитно-динамического упрочнения внутренней поверхности круглого отверстия в металлической детали: пат. ВУ 17976 / А. М. Довгалев, Д. М. Свирепа. – Оpubл. 28.02.2014.
4. **Алексеев, П. Г.** Технология упрочнения деталей машин поверхностной пластической деформацией: учебное пособие / П. Г. Алексеев. – Брянск : Брянский ин-т транспортного машиностроения, 1978. – 80 с.
5. **Свирепа, Д. М.** Конструкции инструментов для совмещенной обработки резанием и поверхностным пластическим деформированием магнитно-динамическими раскатниками / Д. М. Свирепа, А. С. Семёнова, С. А. Сухоцкий // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2019. – № 1. – С. 38–47.
6. **Свирепа, Д. М.** Влияние способов совмещенной обработки резанием и магнитно-динамическим накатыванием на шероховатость поверхности / Д. М. Свирепа, А. С. Семёнова // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2019. – № 2. – С. 34–43.
7. **Свирепа, Д. М.** Оптимизация количества источников магнитного поля в инструментах для совмещенной обработки резанием и МДН / Д. М. Свирепа, А. С. Семёнова // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2019. – С. 40.
8. **Свирепа, Д. М.** Моделирование взаимодействия деформирующего элемента с деталью в процессе магнитно-динамического раскатывания / Д. М. Свирепа, Ю. С. Романович, А. С. Семёнова // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2020. – С. 63.

УДК 691.32

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕЖИМОВ
ТВЕРДЕНИЯ БЕТОНА С ДОБАВКОЙ «УКД-1»

О. Ю. МАРКО, Е. Е. КОРБУТ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Рост прочности бетона в нормально-влажностных условиях.

При исследовании кинетики твердения бетона первоначально определили дозировку комплексной химической добавки «УКД-1», обладающей ускоряюще-пластифицирующим действием, по методике ГОСТ 30459–96 на следующем составе бетона: цемента – 350 кг; щебня – 100 кг; песка – 750 кг; воды – 175 кг (ОК ~ (3...4) см), при твердении образцов-кубов с ребром 100 мм в нормально-влажностных условиях ($W \geq 90 \%$; $t \sim 20 \text{ }^\circ\text{C}$). Для сравнения оценивали рост прочности бетона без добавок, с добавкой, ускоряющей твердение бетона, – сульфатом натрия (Na_2SO_4) и с комплексной добавкой «УКД-1», содержащей углеродный наноматериал. С целью изучения непосредственного влияния вещества добавки «УКД-1» на кинетику твердения бетона водоцементное отношение при использовании комплексной добавки было снижено до уровня, обеспечивающего равную подвижность бетонных смесей.

Разработку энергосберегающих режимов твердения бетона проводили для температурного диапазона окружающей среды 5...30 °С. В ходе экспериментов образцы-кубы бетона твердели в опалубках различных типов (табл. 1), с различными коэффициентами теплопередачи (K_T от 0,6 до 3,5 Вт/(м²·°С)).

Табл. 1. Характеристики опалубок

Материал форм-опалубок	Коэффициент теплопередачи стенок опалубок, Вт/(м ² ·°С)
1 Доска (25 мм)	2,44
2 Сталь (10 мм)	3,50
3 Металл (10 мм) + минераловатная плита (60 мм)	~ 1,00
4 Фанера (12 мм)	~ 2,98
5 Фанера (12 мм) + минераловатная плита (60 мм)	~ 0,60

При проведении экспериментов использовали бетонные смеси составов, приведенных в табл. 2. Известно, что добавка сульфата натрия может обеспечить реализацию весьма эффективных по затратам энергии технологий изготовления сборных изделий [1], поэтому сопоставление результатов

экспериментов (при прочих равных условиях) позволит выявить уровень эффективности комплексной добавки «УКД-1».

Табл. 2. Составы бетона для исследований

Номер позиции	Класс бетона ОК, см	Марка цемента	Наличие добавки	Расход составляющих, кг, на 1 м ³ бетона				В/Ц
				Ц	П	Щ	В	
1	С ^{12/15} 12...14	М400	–	380	685	1100	201	0,53
2			1 % Na ₂ SO ₄	360	720	1100	182	0,50
3			1 % «УКД-1»	340	715	1150	163	0,48

На рис. 1 отражены результаты экспериментов в виде зависимости роста прочности бетона на сжатие с различным содержанием добавки «УКД-1» и с 1 % Na₂SO₄ от массы цемента – это средние значения относительной прочности (выраженной в процентах от проектной прочности бетона без добавок) в серии из не менее трех образцов, коэффициент вариации не превышал 7...8 %.

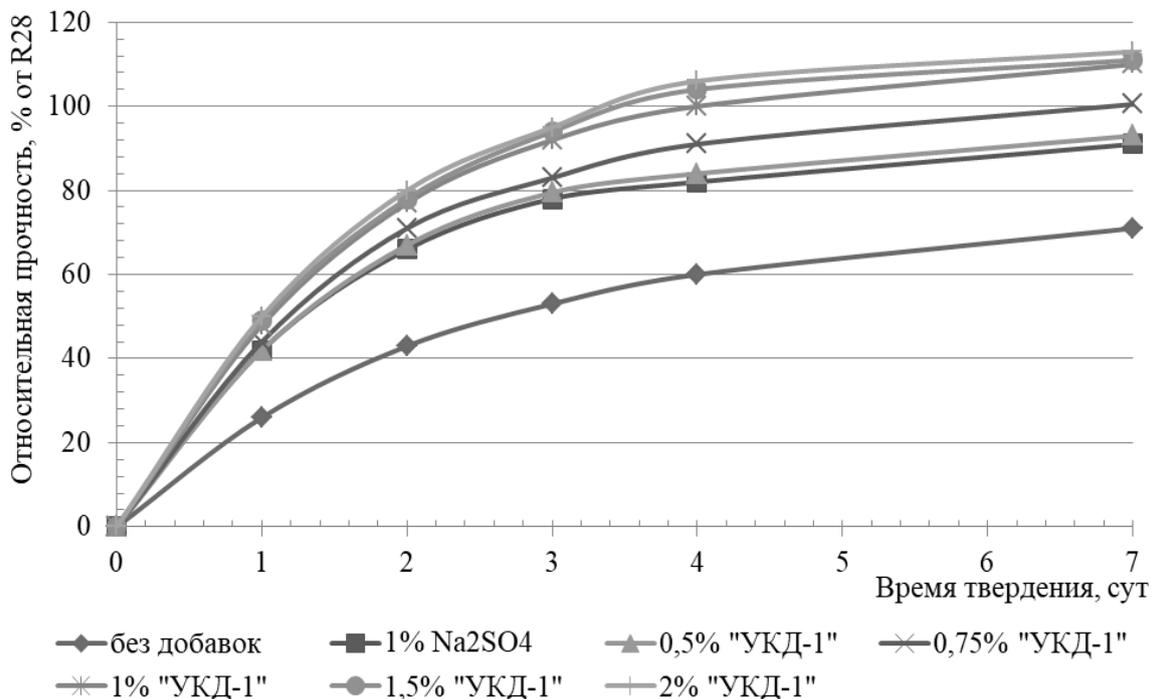


Рис. 1. Рост прочности бетона при твердении в нормально-влажностных условиях

По результатам экспериментов можно сделать следующие выводы: прочность бетона с комплексной добавкой «УКД-1» (за счет совместного эффекта от снижения водоцементного отношения и действия компонентов сульфата натрия и углеродного наноматериала [2]) в возрасте 7 сут соста-

вила от 100 % (при 0,75 % «УКД-1») до 113 % (при 2,0 % «УКД-1») от проектной прочности образцов бетона из равноподвижных смесей без добавок.

Рост прочности бетона в условиях «термоса».

Цель настоящих исследований – установить зависимость роста прочности бетона на сжатие с комплексной пластифицирующе-ускоряющей добавкой «УКД-1» от его саморазогрева за счет накопления энергии, выделяющейся при экзотермии цемента. Известно, что минералы портландцементного клинкера в процессе реакции гидролиза-гидратации выделяют значительное количество теплоты. Ее накопление за счет гидро- и теплоизоляции твердеющего бетона способствует росту его температуры и, как следствие, ускорению реакций цемента с водой затворения, что приводит к нарастанию тепловыделения бетона в первые-третьи сутки твердения. Этот эффект увеличивается при введении добавок, ускоряющих твердение бетона. Следовательно, основой эффективной беспрогревной технологии монолитного бетона является использование экзотермии цемента при условии твердения бетона по методу «термоса».

В процессе исследований установили кинетику прочности бетона с содержанием 1 % от массы цемента комплексной добавки «УКД-1», также зафиксировали изменение температуры бетона в процессе твердения в условиях гидро- и теплоизоляции (формы были установлены в ящик из пенополистерола на период твердения, их поверхность была герметизирована пленкой). В центр одного из образцов устанавливали датчик-термопару для контроля за изменениями температуры. Начальная температура бетона была принята ~6, ~13 и ~20 °С. Для сравнения были использованы составы бетона класса С12/15 (ОК ~ 12...14 см) № 1 (без добавки) и № 3 (с содержанием 1 % «УКД-1»). Проводя периодический контроль изменения температуры и определяя прочность бетона, получили результаты, приведенные в табл. 3.

Увеличение скорости гидратации цемента 1-й и 2-й групп эффективности с добавкой «УКД-1» повышает его тепловыделение, а накопление тепла обеспечивает саморазогрев (увеличение начальной температуры бетонной смеси) и, как следствие, увеличение прочности бетона до 65 % (от проектной прочности бетона без добавок) к третьим суткам твердения при начальной температуре бетонной смеси ~6 °С и до 98 % (фактически проектной прочности) к третьим суткам твердения при начальной температуре смеси ~20 °С.

Применение вяжущего 3-й группы эффективности сопровождается низким тепловыделением и, соответственно, незначительным разогревом бетона и темпом роста его прочности, следовательно, использование цементов 3-й группы эффективности противоречит цели разработки и не целесообразно для беспрогревной технологии.

Табл. 3. Изменение температуры и рост прочности бетона при твердении в условиях «термоса»

Номер состава бетонной смеси	Группа эффективности цемента М400	Температура бетона, °С, к исходу суток				Относит. прочность бетона (в % от проектной) через сутки		
		Нач.*	1	2	3	1	2	3
Состав без добавок								
1	1-я	20	25	30	33	37	58	64
1	2-я	20	23	28	30	35	55	62
1	3-я	20	23	25	28	29	51	56
Состав с добавкой «УКД-1»								
3	1-я	6	9	17	24	32	50	65
3	1-я	13	18	28	33	41	58	74
3	1-я	20	28	37	42	54	79	96
3	2-я	6	8	14	21	27	46	63
3	2-я	13	15	25	29	36	51	70
3	2-я	20	25	33	38	51	74	89
3	3-я	6	8	12	16	21	44	53
3	3-я	13	15	22	24	32	52	62
3	3-я	20	21	28	31	35	56	72
<i>Примечание – * – начальная температура свежесформованного бетона</i>								

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Батяновский, Э. И.** Технологические особенности производства ЖБК с применением ускорителей твердения бетона / Э. И. Батяновский, Р. Ф. Осос // Проблемы технологии производства строительных материалов, изделий и конструкций, строительство зданий и сооружений: сб. ст. – Брест: БПИ, 1998. – Вып. 1. – С. 22–25.

2. **Батяновский, Э. И.** Влияние углеродных наноматериалов на свойства цемента / Э. И. Батяновский, П. В. Рябчиков, В. Д. Якимович // Материалы XVI Междунар. научно-методического семинара. – Брест: БрГТУ, 2009. – Ч. 2. – С. 136.

УДК 621.9
ОБЗОР ПОДХОДОВ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ЭЛЕКТРОПРИВОДА
МОТОР-КОЛЕСА КАРЬЕРНОГО САМОСВАЛА

М. А. ПОТАПОВ

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

Первоочередной задачей процесса моделирования системы встает выбор пакета прикладных программ для компьютерного моделирования. На сегодняшний день лучшим пакетом является Matlab. Все дальнейшее изложение построено на использовании Matlab.

Декомпозиция системы. Практически любая система электропривода может быть декомпозирована на составляющие ее подсистемы: электрический преобразователь энергии, электромеханический преобразователь энергии, рабочий орган и т. д. Тип, количество и комбинации подсистем зависят от конкретной установки. На практике, в абсолютном большинстве случаев выделение таких подсистем является необходимым шагом, потому что в случае использования готовых монолитных блоков (например, при использовании готовых решений математических пакетов) само моделирование и особенно дальнейшая поддержка или изменение модели будут либо сопровождаемы чрезмерными сложностями, либо практически невозможны. Также важным аспектом является глубина композиции. Каждая подсистема может быть разбита на еще более мелкие элементы, например, преобразователь состоит из набора полупроводниковых ключей с системой управления коммутацией последних. Таким образом, встает задача определения оптимальной глубины детализации модели исследуемой системы. Компьютерная система Matlab предлагает ряд готовых решений для моделирования электроприводов. Как было описано выше, выбирать один монолитный готовый блок для всей системы не лучший вариант. Он выглядит привлекательным с точки зрения трудозатрат, однако совершенно неприменим в случае необходимости внедрения каких-либо изменений в систему. Более гибким в этом случае является вариант, при котором после декомпозиции системы на самостоятельные подсистемы в качестве последних используются готовые решения Matlab. Этот вариант практически не отличается от предыдущего с точки зрения трудозатрат, однако значительно повышает гибкость модели, делая возможным ее дальнейшее сопровождение и изменение (например, замена преобразователя или двигателя). Однако у этого подхода есть существенные недостатки: перечень готовых блоков Matlab является ограниченным, т. к. в нем отсутствуют неко-

торые типы двигателей и преобразователей (не симметричные управляемые выпрямители). Более того, большинство готовых моделей являются достаточно упрощенными. Один из примеров – это пренебрежение учетом влияния вихревых токов в двигателях, что совершенно не подходит для моделирования систем большой мощности. И последнее, если нам нужна достаточно тонкая настройка нашей модели, например, на уровне элементной базы, структурных подсистем, то готовые решения также являются для нас неприемлемым вариантом, т. к. внутренняя структура готовых моделей фактически скрыта от конечного пользователя и не может быть изменена. Вариантом, который лишен указанных недостатков, является составление полного математического или физического описания каждой из структурных подсистем с использованием блоков передаточных функций библиотеки Simulink и электронных элементов (блоков диодов, резисторов и т. д.) библиотеки Sim Power Systems. Данный подход является наиболее трудозатратным из всех описанных, однако дает нам полный контроль над моделью, позволяя вносить наиболее тонкие настройки и изменения в нашу модель.

Также можно применять смешанный подход. Одним из вариантов в данном случае является определение ключевых узлов, которые будут нуждаться в детальной настройке и изменениях, остальные же оставить в виде готовых блоков Matlab.

Немаловажным фактором при определении подхода к моделированию являются моделируемые характеристики и режимы работы. Требования при моделировании характеристик в статическом режиме работы (например снятие механических характеристик) гораздо менее жесткие, чем при моделировании переходных процессов, пусковых характеристик или показателей энергоэффективности. Во втором случае учет влияния параметров цепи, особенно на больших мощностях имеет очень важное значение, ибо позволяет произвести оценку номинальных и пусковых параметров для предполагаемой аппаратуры и элементной базы электропривода.

В ходе работы после применения разных подходов можно сделать вывод, что ключевым фактором при моделировании являются цели моделирования. Традиционно моделирование чаще рассматривалось в качестве процесса получения оценочных значений ключевых характеристик, в результате чего ему не уделялось должное внимание и большинство существовавших моделей носили упрощенный характер и не упирались на полное математическое описание. С ростом возможностей математических пакетов и компьютерных мощностей появилась возможность строить полноценные модели систем, основываясь на полном математическом описании, а также модели на основе уже имеющихся работающих систем, получая лишь незначительные расхождения в моделируемых характеристиках.

УДК 621.928.4

РАСЧЕТ ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛИ «ДИСК РАЗБРЫЗГИВАТЕЛЯ»

Р. В. АБРАМОВ, К. В. ПАНКРУШЕВ, Д. С. РЕВЕКО

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

Брянский государственный технический университет

Брянск, Россия

Надежность машин, механизмов и приборов в значительной степени определяется процессами, происходящими в зоне фрикционного контакта.

В статье рассматривается вопрос расчета интенсивности изнашивания рабочих поверхностей детали «диск разбрызгивателя» (рис. 1) в результате центрифугирования диоксида кремния.

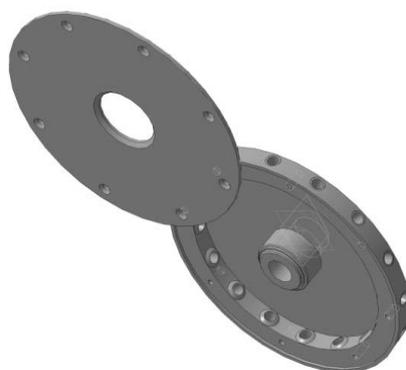


Рис. 1. Диск разбрызгивателя

Главной частью центрифуги является диск разбрызгивателя, насаженный на вращающийся вал. Твердые частицы суспензии отбрасываются на стенки диска под действием центробежных сил. Уплотняясь, данные частицы образуют осадок. Осветленная жидкость переливается в корпус и выводится посредством патрубка. После прекращения работы центрифуги осадок выгружают вручную.

Проанализировав физико-механические характеристики диоксида кремния, установили, что полученный продукт белый, аморфный, непористый, индифферентный порошок, распыляется, содержит 99,3 % SiO_2 , имеет высокую дисперсность (диаметр частиц – 4...40 мкм, они имеют сферическую или почти сферическую форму), удельная адсорбционная поверхность составляет 50...450 $\text{м}^2/\text{г}$, насыпной объем – приблизительно 50 г/л, плотность – 0,3 г/см³, рН водной суспензии – 4,0; показатель преломления $n_D^{20} = 1,46$.

В результате этого абразивные частицы, находящиеся между поверхностями трения, могут вызвать разрушение поверхностного слоя детали срезанием микростружки или за счет циклического деформирования поверхности в пластической или упругой областях. Гарантированный

ресурс – 10000 ч (данные завода).

Внедрение абразивных частиц в поверхность сопровождается их относительным скольжением.

Объем вовлеченного в контактную деформацию материала рассчитывается по формуле

$$DV = \pi \cdot h^2 \cdot \left(R - \frac{h}{3} \right) \cdot n_a,$$

где h – глубина внедрения частицы, мкм; R – усредненный объемный радиус частиц, мкм; n_a – число частиц, находящихся в зоне трения.

Принимая во внимание физико-механические характеристики диоксида кремния и особенности технологического процесса центрифугирования, получим

$$DV = \pi \cdot 8^2 \cdot \left(5 - \frac{8}{3} \right) \cdot 150 = 0,00007 \text{ мкм}^3.$$

Удельная интенсивность изнашивания определяется по формуле

$$i_h = \frac{DV}{2 \cdot A_r \cdot a \cdot n_p},$$

где A_r – фактическая площадь контакта, мм²; a – радиус пятна контакта, мм; n_p – число циклов.

Подставив значения $A_r = 200$ мм², $a = 13$ мм и $n_p = 2583 \cdot 10^6$, получим

$$i_h = \frac{0,00007}{2 \cdot 500 \cdot 13 \cdot 2583 \cdot 10^6} = 2,1 \cdot 10^{-20}.$$

Зависимость для определения интенсивности абразивного изнашивания, основанной на усталостной природе разрушения поверхности трения, имеет вид:

$$I_h = \frac{4 \cdot i_h \cdot A_r}{\pi \cdot A_a},$$

где A_a – номинальная площадь контакта, мм², $A_a = 304$ мм².

$$I_h = \frac{4 \cdot 2,1 \cdot 10^{-20} \cdot 500}{\pi \cdot 304} = 4,4 \cdot 10^{-23}.$$

Применение предложенной математической модели расчета деталей и узлов машин на долговечность по износу на примере определения интенсивности изнашивания функциональных поверхностей детали «диск разбрызгивателя» позволяет решить одну из основных проблем надежности – прогнозирование изменения работоспособности машин в процессе эксплуатации и, как следствие, обеспечение наработки узла трения на отказ.

УДК 621.9

ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАСТОЛЬНОГО ТОКАРНОГО СТАНКА С ЧПУ НА БАЗЕ УЧПУ FANUC

С. А. ВАСЕЧКИН, В. А. БАКУЛИН, А. Н. ЩЕРБАКОВ, Л. А. ЗАХАРОВ
Брянский государственный технический университет
Брянск, Россия

Современное технологическое оборудование с ЧПУ относится к высокотехнологичному, наукоемкому и очень дорогому оборудованию. Чтобы можно было работать на таком оборудовании, необходимы знания, которые приобретаются в университете. Нужно знать не только устройство станка, но и иметь представление о программировании, уметь разрабатывать управляющие программы для обработки сложных деталей.

Для того, чтобы научиться работать на таком оборудовании, одних теоретических знаний недостаточно, нужна практика. Чтобы эту практику приобрести, необходимо иметь современное оборудование на кафедре. Учитывая высокую стоимость современного технологического оборудования, многие вузы не могут позволить себе приобретение полноценного станка с ЧПУ. Однако есть возможность приобрести современную систему ЧПУ и далее попытаться спроектировать на ее базе небольшой станок для учебных целей.

Современное оборудование комплектуется в основном системами ЧПУ таких фирм, как Siemens, Fanuc, Heidenhein. Это мировые лидеры по производству ЧПУ. В нашем распоряжении имеется современная система Fanuc с тремя сервоприводами. Для изучения возможностей данной системы было принято решение спроектировать настольный токарный станок с ЧПУ с этой системой.

Для начала были предварительно прорисованы в КОМПАСе эскизы возможной компоновки токарного станка, определены габаритные размеры. Учитывая то, что станок будет настольным, для уменьшения занимаемого места принято решение проектировать станину с наклонным расположением направляющих. В качестве направляющих решено использовать линейные рельсовые направляющие качения, обладающие большим ресурсом, более высокой точностью позиционирования, чем направляющие скольжения. Станина станка – это главная базовая деталь, на которой расположены и закреплены почти все узлы и детали. Она должна иметь достаточно высокую жёсткость, обеспечивать долгое сохранение станком требуемой точности. На производстве станина станков в основном отливается из чугуна. Учитывая то, что станок будет изготавливаться в условиях кафедры в одном экземпляре, было принято решение станину изготовить из полимербетона. Далее будут спроектированы шпиндельный узел и исполнительные органы станка.

УДК 621.51
 ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ
 ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ДЕТАЛЕЙ ПРЕСС-ФОРМЫ

Д. Е. ВАСИЛЬЕВА, М. О. ВАСИЛЕВСКАЯ

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

Необходимость повышения качества продукции и, в частности, надежности требует полного анализа работы узла на этапах проектирования. Следует учитывать не только функциональные параметры, но и технологические возможности производства и сборки машины, возможности контроля основных ее параметров и их изменения в процессе последующей эксплуатации [1].

Рационально спроектированный и изготовленный формующий инструмент является основным элементом, который способствует повышению эффективности производства соответствующей готовой продукции в виде элементов формообразующей оснастки. Повышение эффективности этапов конструкторско-технологической подготовки производства возможно при постоянном взаимодействии конструктора-дизайнера, конструктора формообразующего инструмента, технолога инструментального производства и технолога по проектированию технологических процессов получения изделий.

Основным эксплуатационным показателем обеспечения параметров надежности работы формообразующего элемента пресс-формы (рис. 1) является контактная жесткость, обеспечивающая повышение ресурса до формоизменения изделия.

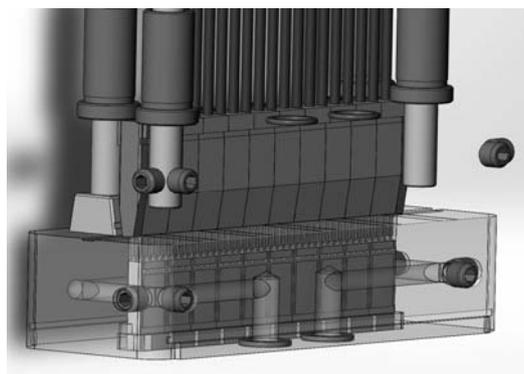


Рис. 1. Элементы пресс-формы по получению изделий из пластика

Вероятность безотказной работы сложного изделия равна произведению вероятностей безотказной работы отдельных его элементов:

$$P(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot P_3(t) \cdot \dots \cdot P_n(t).$$

Из анализа зависимости потока отказов следует, что чем больше элементов в изделии, тем ниже его надежность с точки зрения разброса размеров при сборке и эксплуатации [1, 2].

В настоящее время элементы пресс-форм представляют собой сборные элементы, содержащие элементарные знаки. При этом отсутствуют теоретические и практические рекомендации по компенсации отдельных составляющих параметров контактной жесткости при сборке и последующей эксплуатации таких сложных пространственных сборочных узлов (рис. 2).

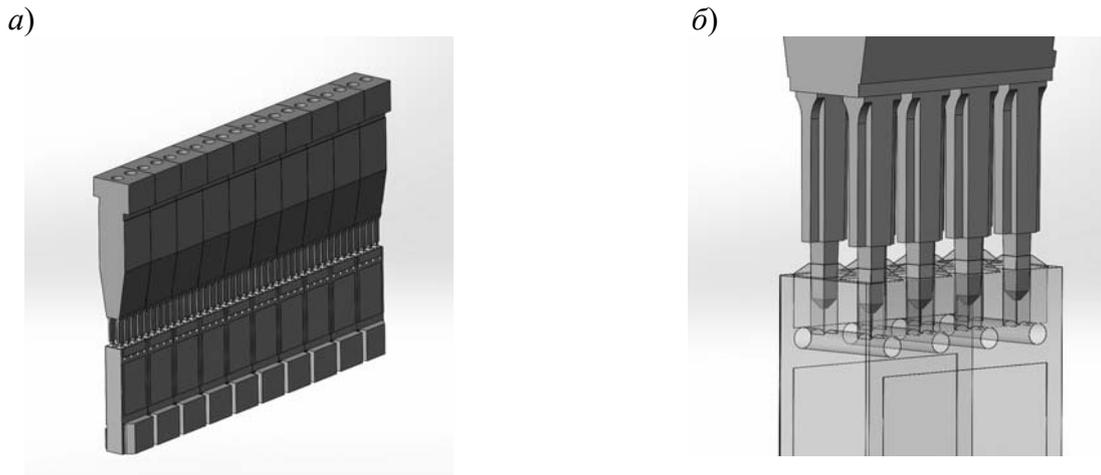


Рис. 2. Конструкция сборного штампа (а) и отдельных элементов знака (б)

Вывод из строя отдельных знаков возникает под действием таких факторов, как тепловые и механические деформации, температурные напряжения, механические напряжения от давления жидкой пластмассы и механические напряжения, возникающие при открывании и закрывании пресс-форм.

В связи с этим определение контактной жесткости на стадии проектирования и ее компенсации за счет корректировки размеров знаков позволяет конструктору закладывать необходимые параметры сопрягаемых деталей для обеспечения требуемой долговечности, а технологу – подбирать оптимальные режимы обработки [2].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Суслов, А. Г. Научно-техническая технология повышения качества сборочных единиц машин на этапах жизненного цикла / А. Г. Суслов, О. Н. Федонин, Е. А. Польский // Научно-технические технологии в машиностроении. – 2016. – № 5 (59). – С. 34–42.

2. Польский, Е. А. Технологическое обеспечение точности и качества поверхностей деталей машин при проектировании маршрутно-операционного технологического процесса методом синтеза на основе анализа размерных связей / Е. А. Польский // Научно-технические технологии в машиностроении. – 2016. – № 10 (64). – С. 39–48.

УДК 621.1

КОНСТРУКЦИЯ РЕЗЬБОВОГО РЕЗЦА ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ НАРУЖНОЙ МЕТРИЧЕСКОЙ РЕЗЬБЫ

К. С. ВИННИЧЕК, Т. П. ЛИТВИНОВИЧ

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

Процесс нарезания резьбы является одним из сложных видов механической обработки, т. к. передний угол γ резца зависит от угла подъема витка ω резьбы.

Резьбовые резцы для нарезания наружной резьбы с напаянными твердосплавными пластинами обычно устанавливают перпендикулярно оси заготовки. В этом положении из-за угла наклона витков резьбы задний угол $\alpha_1 < \omega$, а угол $\alpha_2 > \omega$ на ту же величину. У левой кромки резца передний угол $(+\gamma)$, а у правой $(-\gamma)$ [1, с. 163].

При уменьшении заднего угла увеличивается трение и износ резца по задней поверхности. Уменьшение переднего угла приводит к ухудшению процесса стружкообразования из-за больших сил резания.

Чтобы не изменять размеры углов α и γ , резец устанавливают так, чтобы передний угол и угол наклона винтовой канавки были равны, т. е. $\gamma = \omega$. Вместо наклона можно предложить специальную заточку резца: задние углы по главным режущим кромкам можно увеличивать $\alpha = 3...4^\circ$, не изменяя значение угла ω . На передней поверхности выполняется небольшая канавка.

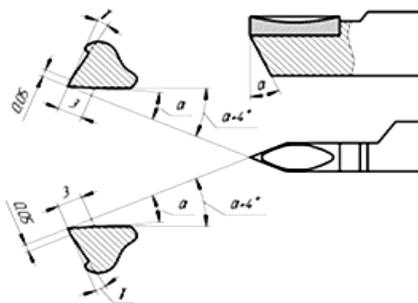


Рис. 1. Резьбовой резец со сменной твердосплавной пластиной

Применение резцов такой конструкции улучшает сход стружки, ее завивание, уменьшает усадку стружки и нарост на режущих кромках.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бергер, И. И. Токарное дело / И. И. Бергер. – 3-е изд., перераб. и доп. – Минск: Вышэйшая школа, 1980. – 318 с.

УДК 621.51
 МОДЕЛЬ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ УЗЛОВ
 НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РАЗМЕРНЫХ СВЯЗЕЙ

И. Д. ВОРОНИНА, Е. И. АФАНАСЕНКОВА

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

При эксплуатации размерные связи не остаются постоянными [1, 2]. На узел будут воздействовать внешние и внутренние факторы, которые приводят к потере точности. Такие воздействия необходимо учитывать для комплексного обеспечения параметров надежности, поэтому для размерных цепей необходимо выделить еще одну группу размеров – эксплуатационные размеры. Включение эксплуатационных размеров в конструкторские размерные цепи позволяет обеспечивать требуемую точность функциональных параметров в течение заданной долговечности изделия.

Каждый составляющий конструкторский размер формируется в процессе изготовления деталей либо непосредственно при получении заготовки, либо при последующей обработке. Для этого детали определенным образом ориентируются относительно инструментов или неподвижных частей станков. При этом точность конструкторских размеров достигается различными технологическими методами: совмещением, постоянством или последовательной сменой баз [2].

В результате объединения размерных цепей с учетом формирования каждого типа размеров могут быть назначены предельные отклонения исходных размеров [1, 2].

$$T_{\Delta} = \sum_i^n c_i T_{Si} + \sum_j^m c_j k_{внутj} k_{внешj} k_{Тэkj} + \sum_k^l c_k k_{внутk} k_{внешk} k_{Тэkk}, \quad (1)$$

где c – коэффициенты передаточных отношений; T_{Si} – допуски технологических размеров; $k_{внут}$, $k_{внеш}$, $k_{Тэк}$ – коэффициенты, формирующие допуски эксплуатационных размеров, соответственно для внутренних и внешних факторов, точности расчетной схемы, используемой для определения параметров эксплуатационных свойств.

Значения дополнительных эксплуатационных звеньев являются функциями, которые определяются внешними и внутренними факторами. К внешним факторам можно отнести условия эксплуатации (величину и характер нагрузки, скоростные режимы, планируемую долговечность и др.), к внутренним – параметры, которые определяют эксплуатационные свойства сопряженных поверхностей (материал деталей, смазочные материалы, параметры качества поверхностного слоя).

Получены функции, описывающие дополнительные эксплуатационные звенья для разных типов сопряжений. Так, в плоском контакте сопря-

женных деталей и при наличии между ними небольших осциллирующих движений, например вследствие вибраций, происходит изнашивание. При этом величины внедрения U_1 и U_2 и возможный перекося поверхностей можно описать уравнением плоскости в пространстве [1]:

$$U_1 + U_2 = \beta_1 x + \beta_2 y + U_{\min}, \quad (2)$$

где β_1, β_2 – коэффициенты уравнения плоскости, соответствующие тангенсам углов наклона плоскости износа к соответствующим осям; U_{\min} – минимальное сближение в контакте.

Коэффициенты β_1 и β_2 и параметр U_{\min} для такой расчетной схемы можно определить как

$$\beta_1 = \frac{6P(k_1 + k_2)Vt}{ab^3}(b - 2l_{px}); \quad (3)$$

$$\beta_2 = \frac{6P(k_1 + k_2)Vt}{a^3b}(a - 2l_{py}); \quad (4)$$

$$U_{\min} = \frac{P(k_1 + k_2)Vt}{a^2b^2}(6al_{px} + 6bl_{py} - 7ab), \quad (5)$$

где k_1, k_2 – коэффициенты износа, характеризующие фрикционные свойства; P, V, t, l_{px}, l_{py} – параметры эксплуатации сопряжения; a, b – геометрия сопряжения.

Из полученных выражений выделяются параметры, характеризующие внешние факторы эксплуатационных размеров $k_{внеш}$. Аналогичным образом выделяются параметры, определяющие внутренние факторы $k_{внут}$, и далее относительно определенного единичного или комплексного параметра качества поверхностного слоя выполняется решение задачи [2].

Таким образом, объединение конструкторских цепей с технологическими позволяет более гибко управлять качеством машин, в том числе определять параметры эксплуатационных свойств поверхностей деталей. Общие размерные схемы дают возможность проследить за совместным влиянием различных параметров на качество (прежде всего точности) проектируемых машин и отдельных сборочных единиц. Допуск обоснованно перераспределяется из менее строгих размерных цепей или составляющих размеров в более ответственные цепи с трудно реализуемыми размерами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инженерия поверхности деталей / Под ред. А. Г. Сулова. – Москва: Машиностроение, 2008. – 320 с.: ил.
2. **Польский, Е. А.** Технологическое обеспечение точности и качества поверхностей деталей машин при проектировании маршрутно-операционного технологического процесса методом синтеза на основе анализа размерных связей / Е. А. Польский // Научные технологии в машиностроении. – 2016. – № 10 (64). – С. 39–48.

УДК 621.785
 ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА КОНЦЕВЫХ ФРЕЗ Р6М5,
 УПРОЧНЕННЫХ АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ ЗВУКОВЫМ МЕТОДОМ

И. А. ГОРАВСКИЙ, Т. В. ДЕЙХИНА

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

Повысить стойкости концевых фрез, работающих при прерывистом резании, позволяет метод аэродинамического звукового упрочнения (АДУ). Сущность метода заключается в воздействии на фрезу звуковых волн, которые приводятся в резонансное состояние путем пропускания воздуха под давлением в специальном устройстве [1]. Упругие волны оказывают влияние на изменение структурного состояния кристаллических решеток и распространение дислокаций в инструменте.

Для исследования износа фрез были упрочнены методом АДУ две фрезы из быстрорежущей стали Р6М5 с пятью режущими зубьями диаметром 12 мм на режимах: предварительный нагрев до 260 °С, выдержка в нагревательной печи 60 мин. Упрочненными фрезами и одной фрезой неупрочненной производили фрезерование образцов из стали 45 на фрезерном станке мод. 675 на режимах: скорость резания 15,072 м/мин, подача на зуб 0,032 мм/зуб, глубина резания 1,0 мм, подача стола 64 мм/мин, ширина фрезерования 6 мм. По истечении каждых 10...15 мин обработки замеряли величину износа по задней поверхности h_z с помощью электронного микроскопа Galileo microscan HV1 AC (рис. 1).

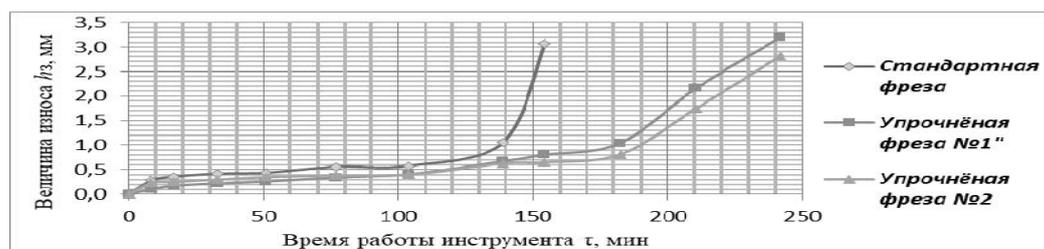


Рис. 1. График величины износа по задней поверхности фрез, упрочненных аэродинамическим звуковым методом

Согласно графику следует, что метод АДУ позволяет увеличить время работы концевых фрез Р6М5 между переточками на указанных режимах резания в 1,55 раза, что является весьма эффективным для данного вида инструмента.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Жигалов, А. Н.** Теоретические основы аэродинамического звукового упрочнения твердосплавного инструмента для процессов прерывистого резания: монография / А. Н. Жигалов, В. К. Шелег. – Могилев: МГУП, 2019. – 213 с.

УДК 621.787

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ, ОСНОВАННЫХ
НА ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

А. Н. ЕЛИСЕЕВА

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

На современном этапе развития техники к ответственным деталям предъявляются достаточно высокие требования по твердости и износостойкости, вместе с тем и по прочности вязкости. Данный баланс можно обеспечить только путем формирования разных свойств поверхности и сердцевины детали, т. е. формирования твердой и износостойкой поверхности и достаточной прочной и относительно вязкой сердцевины. Также баланс можно обеспечить формированием как термической, так и химико-термической обработки (ХТО). Однако термическая обработка не позволяет сформировать на поверхности изделия твердые соединения, такие как карбиды, нитриды, карбонитриды и др. Это возможно осуществить при помощи химико-термической обработки.

Как известно, ХТО приводит к значительному росту эксплуатационных характеристик изделий, повышению коррозионной стойкости и формирует на поверхности остаточные напряжения сжатия, повышая тем самым усталостную прочность, надежность деталей машин. Наиболее часто и широко используются процессы цементации, нитроцементации и азотирования.

При цементации поверхности деталей насыщаются углеродом. Она применяется к сталям с содержанием углерода не больше 0,2 %. В результате цементации твердость поверхностного слоя детали увеличивается на 20...50 % при вязкой середине, что позволяет компенсировать ударные нагрузки. Однако при данном виде ХТО происходит существенное изменение структуры металла, что требует последующей дополнительной термической обработки.

Азотирование – процесс насыщения поверхностного слоя азотом с целью повышения твердости, износостойкости, усталостной прочности и коррозионной стойкости. Преимущество данного процесса заключается в том, что он протекает при температурах, меньших, чем температура перестроения атомной решетки. Азотирование позволяет повысить износостойкость материалов в 2–3 раза.

При всех достоинствах процессов химико-термической обработки они достигли предела формирования износостойкого поверхностного слоя, в результате чего в последнее время развиваются альтернативные методы повышения твердости и износостойкости поверхности деталей машин, к которым относятся методы, основанные на насыщении поверхностей деталей химическими элементами из газовой среды посредством тлеющего разряда, а также методы обработки, основанные на комплексном использовании классических методов ХТО, что позволяет сократить время обработки, приводит к большему повышению твердости (на 10...15 %) и износостойкости (в 1,5–2 раза).

УДК 621.91.01
АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАЕКТОРИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ
РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

А. И. ЕФРЕМЕНКО

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

Управляя процессом механической обработки деталей машин, следует принимать во внимание, что одним из важных критериев оптимизации является время, затрачиваемое на технологическую операцию. Для повышения экономической эффективности и производительности необходимо не только сокращать время выполнения рабочих ходов, но и находить оптимальную траекторию перемещения режущего инструмента, сокращая при этом вспомогательное время на холостые перемещения и смену инструмента.

Методы поиска оптимальной траектории перемещения режущего инструмента можно разделить на три группы – точные алгоритмы (детерминированные), случайные и методы улучшения базового маршрута.

Основными точными методами являются алгоритм полного перебора, алгоритм Дейкстры, «жадный» алгоритм, «деревянный» алгоритм и др. Данные методы требуют большого объема вычислений, что приводит к длительному процессу нахождения оптимальных параметров.

Для нахождения глобальных экстремумов сложных многоэкстремальных целевых функций могут использоваться методы случайного поиска, характеризующиеся небольшой продолжительностью нахождения оптимальных решений. К таким алгоритмам можно отнести метод ветвей и границ и метод Монте-Карло.

Задачу нахождения оптимальной траектории перемещения режущего инструмента можно также решать методами улучшения базового маршрута, такими как метод перестановок, метод разворота петель, комбинированный метод.

Для поиска оптимальной траектории перемещения режущего инструмента может использоваться любой из рассмотренных методов. Однако следует учитывать, что нельзя дать исчерпывающие рекомендации по применению того или иного алгоритма, т. к. его производительность зависит от вида целевой функции. Это означает, что необходимо проводить дополнительные исследования и отыскивать тот оптимизационный метод, который обеспечивает наибольшую эффективность с точки зрения точности решения и (или) производительности поиска.

УДК 621.91.01

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СВЕРЛЕНИЯ

А. И. ЕФРЕМЕНКО

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

Главным критерием экономической эффективности предприятия является себестоимость изделия, на которую огромное влияние оказывают затраты, связанные с производительностью обработки (время обработки). То есть для получения максимальной прибыли предприятию необходимо максимальное снижение себестоимости продукции, или максимальное повышение производительности обработки.

Основными принципами повышения производительности механической обработки являются установление эффективных режимов резания, а также разработка оптимальных траекторий инструментов для станков с ЧПУ, при которых закладываются минимальные подходы/отходы инструмента и другие его холостые проходы.

Расчет оптимальных режимов резания и траектории перемещения инструмента представляет собой сложную технико-экономическую многофакторную задачу, решение которой наиболее эффективно реализуется с использованием технологий искусственного интеллекта.

На базе оболочки Semantic, созданной на кафедре «Технология машиностроения» Белорусско-Российского университета, была разработана интеллектуальная система DrillControl, осуществляющая управление процессом сверления отверстий.

Интеллектуальная система DrillControl состоит из двух модулей:

1) модуля определения оптимальных режимов резания, т. е. нахождения такого сочетания подачи и скорости резания, при котором обработка заготовки выполняется наиболее экономично при соблюдении требований к точности обработанных поверхностей;

2) модуля оптимизации траектории перемещения инструмента при обработке отверстий.

Определение оптимальных параметров обработки отверстий основывается на использовании функциональных семантических сетей.

Разработанная система уверенно решает задачи в области управления процессом сверления отверстий. Она позволяет не только успешно решать задачи, связанные с обеспечением точности, но и математически корректно обеспечить наибольшую производительность при минимальной себестоимости за счет реализации двухуровневой методики оптимизации.

УДК 681.5

ПРОМЫШЛЕННАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ: НА ПУТИ
К ПРИМЕНЕНИЮ «OPEN-SOURCE-КОНТРОЛЛЕРОВ»

Д. Ф. КАЗАКОВ

Научный руководитель Е. Е. КОВШОВ, д-р техн. наук, проф.
АО «НИКИМТ-Атомстрой», Госкорпорация «Росатом»
Москва, Россия

За минувшее десятилетие произошло существенное развитие микроконтроллерной техники, при этом претерпели изменения как её аппаратная, так программная составляющие. Вместе с этим произошло и переосмысление отношения к понятию «open-source» («открытое решение»). До широкого распространения промышленных логических контроллеров (далее – ПЛК) и плат с микроконтроллером (далее – ПМК) в промышленных разработках в основном применялись БИС и ПЛИС, требовавшие специализированных инженерных знаний при работе со схемными решениями и компонентами периферии. В 2005 г. на мировом рынке появилась ПМК для обучения и DIY-разработок – Arduino. Её стремительная популярность объясняется простотой и удобством в эксплуатации, низкой стоимостью владения и бесплатным доступом на условиях открытых лицензий ко всем схемам и исходным программным кодам. За прошедшие годы в силу своей открытости «open-source» программно-аппаратные решения получили значительное развитие. Участники «open-source»-сообщества участвуют в разработке свободно распространяемых программных библиотек и аппаратных модулей расширения, повышая функциональность Arduino-совместимых платформ. Производители, в свою очередь, тоже не стоят на месте и с каждым годом представляют рынку новые, всё более развитые решения, приближаясь по качеству и мощности к ПЛК. При высокой надежности ПЛК обладают рядом минусов по сравнению с «открытыми решениями»: высокая стоимость и проприетарность программного обеспечения, обучение работе с которым происходит только в авторизованных образовательных центрах, а для снижения рисков несовместимости аппаратных компонентов необходимо применять сенсорику и модули расширения того же производителя. В настоящее время в качестве инженерных решений можно всё чаще встретить «open-source»-контроллер (например, ProductivityOpen – <https://plc-arduino.ru/>), который «... оснащён надёжным промышленным процессором с открытым исходным кодом, способным имитировать плату MKRZero Arduino и легко сопрягающим стандартные модули производителей Arduino с модулями ввода/вывода AutomationDirect».

Такие контроллеры позволят эффективно использовать открытость и модульность решений при выборе обоснованных альтернатив при разработке средств распределённой промышленной автоматизации.

УДК 621.771:669.3.017

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ ПРОКАТКИ
НА ФОРМИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
И ГЕОМЕТРИЮ ЛАТУННЫХ ЛИСТОВ

А. С. КАЛМЫКОВ

Научный руководитель Р. Л. ШАТАЛОВ, д-р техн. наук, проф.
Московский политехнический университет
Москва, Россия

Современное производство предъявляет высокие требования к листовым материалам по анизотропии свойств и структуре. Несоответствие предъявляемым требованиям приводит к нарушению технологического процесса штамповки.

Одним из способов повысить качество прокатываемых листов и уменьшить анизотропию механических свойств является кантовка или изменение направления деформации перед вторым проходом.

Применение данного метода позволило уменьшить величину разноширинности (разницу ширины листа между серединой и концом). Полученный эффект подтверждают результаты компьютерного моделирования и прокаток на лабораторном стане, представленные в [1].

В ходе экспериментов установлено, что при холодной прокатке листов из латуни Л63 изменение направления деформации листов за счёт кантовки позволяет получить более равномерную структуру, уменьшить анизотропию и повысить прочностные характеристики деформированного сплава. Применение разнонаправленной с кантовкой схемы прокатки листов из сплава Л63 дает возможность уменьшить на 16 % средний диаметр зерна (с 0,59 до 0,49 мм), повысить твердость в среднем на 11 % (с 87,4 до 97,2 НРВ) по сравнению с продольной прокаткой [2].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Калмыков, А. С.** Влияние чередования продольной и поперечной прокатки листов на формирование ширины / А. С. Калмыков, Р. Л. Шаталов // *Металлургия XXI столетия глазами молодых: сб. докл. VI Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и студентов.* – Донецк: ДОННТУ, 2020. – С. 121–125.

2. Влияние обжатия и изменения направления прокатки на структуру и свойства латунных листов / Р. Л. Шаталов [и др.] // *Изв. ТулГУ. Технические науки.* – 2017. – № 11–1. – С. 154–160.

УДК 621.9.115

К ВОПРОСУ ВЛИЯНИЯ УГЛОВ ПРИ ВЕРШИНЕ СВЕРЛ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ

О. Н. КЛЯУС

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

В связи с тем, что в процессе формирования глубоких отверстий спиральными сверлами предварительную величину смещения их осей предугадать сложно, возникла необходимость в предварительном теоретическом исследовании смещения осей отверстий на этапе проектирования операции глубокого сверления.

Определены параметры, оказывающие наибольшее влияние на смещение оси отверстия: длина вылета сверла за торец втулки $l_{xв}$; подача сверла s ; главные углы в плане φ_1 и φ_2 .

На основании имеющихся в научной литературе параметров созданы основы теоретических исследований, подразумевающих под собой программу на ЭВМ по прогнозированию реального положения осей глубоких отверстий при их формировании спиральными сверлами.

В результате применения созданной программы получены следующие данные: при заданных значениях подачи и диаметра отверстия, равных $d = 10$ мм; $S = 0,25$ мм/об, изменяя углы при вершине сверла следующим образом: $y_1 - \varphi_1 = 67,6^\circ$, $\varphi_2 = 67,4^\circ$; $y_2 - \varphi_1 = 67,8^\circ$, $\varphi_2 = 67,2^\circ$; $y_3 - \varphi_1 = 68^\circ$, $\varphi_2 = 67^\circ$; $y_4 - \varphi_1 = 68,2^\circ$, $\varphi_2 = 66,8^\circ$; $y_5 - \varphi_1 = 68,4^\circ$, $\varphi_2 = 66,6^\circ$. Наглядное представление смещения оси отверстия представлено на рис. 1.

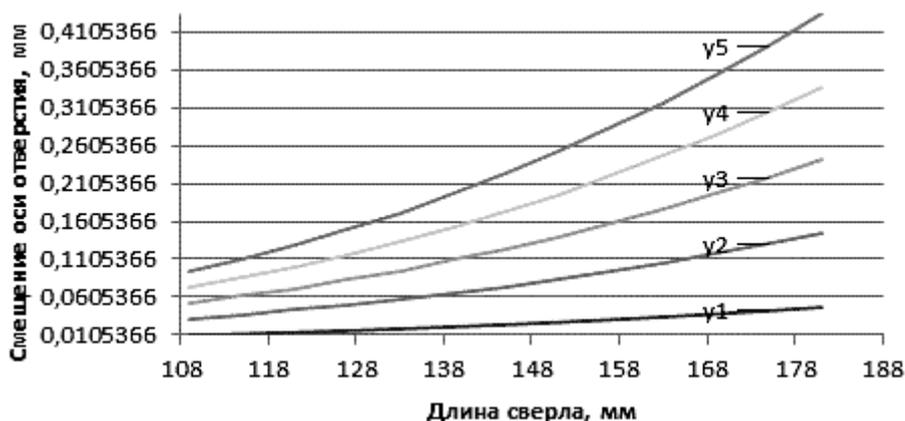


Рис. 1. Смещение оси отверстия в зависимости от разницы главных углов в плане

Из данного графика можно сделать вывод о том, что наиболее оптимальными углами в плане при вершине являются $\varphi_1 = 67,6^\circ$, $\varphi_2 = 67,4^\circ$.

УДК 622.363.2
ПРОЦЕССЫ, СОПРОВОЖДАЮЩИЕ ПРЕССОВАНИЕ ПОРОШКОВ

Н. Ю. КОНДРАТЧИК, Е. А. ВЕРЕМЕЙКО

Барановичский государственный университет

Барановичи, Беларусь

Научный руководитель В. Я. ПРУШАК, чл.-кор. НАН РБ, д-р техн. наук, проф.

Солигорский институт проблем ресурсосбережения

с опытным производством

Солигорск, Беларусь

Преобразования на микроуровне, происходящие в материале при его сжатии, представлены на рис. 1. На начальной стадии прессования объемная плотность материала увеличивается за счет уменьшения доли пустот и деформации частиц. При взаимодействии частиц во время сжатия имеет место упругопластическая контактная деформация. Количество точечных контактов между частицами увеличивается, они реорганизуются в плоские контакты и увеличивают внутренние связи в объемном материале. При дальнейшем увеличении давления прессования поры между крупными частицами заполняются более мелкими путем перегруппировки, для этого необходимо преодолеть силы трения между частицами. Затем происходит пластическая деформация. Некоторые твердые частицы разрушаются при превышении прочности материала. Когда практически все поры заполнены, образуется однородный компакт, который может быть дополнительно уплотнен только за счет пластической деформации [1].

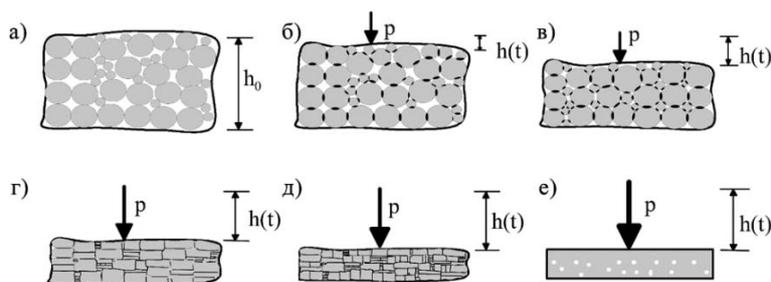


Рис. 1. Различные фазы процесса сжатия: а – исходное состояние материала; б – упругопластическая контактная деформация; в – заполнение пор мелкими частицами; г – пластическая деформация частиц; д – разрушение частиц; е – пластическая деформация всего компакта

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Grossmann, L.** Modellierung der Pressagglomeration feinkörniger, kohäsiver und kompressibler Schüttgüter: Diss. Dr.-Ing. / L. Grossmann. – Magdeburg: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2006. – 154 s.

УДК 681.51

ФОРМИРОВАНИЕ КАРТЫ БЕЗОПАСНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ
ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ
ЭВОЛЮЦИОННОГО АЛГОРИТМА

В. С. КУВШИННИКОВ

Научный руководитель Е. Е. КОВШОВ, д-р техн. наук, проф.
АО «НИКИМТ-Атомстрой», Госкорпорация «Росатом»
Москва, Россия

В настоящее время перед атомной энергетикой стоят актуальные задачи, связанные с автоматизацией цикла утилизации твердых радиоактивных отходов.

Обосновывается один из возможных подходов к решению научно-практической задачи, требующей автоматизации формирования безопасных траекторий перемещения рабочего органа специализированного порталного крана (подъемно-транспортной системы) с применением алгоритмов эволюционного (генетического) поиска в условиях дискретного технологического процесса.

Рассматриваемый в качестве объекта управления механизм предназначен для перемещения габаритных и потенциально опасных грузов – контейнеров с твердыми радиоактивными отходами – в ходе последовательности операций процедуры электрохимической дезактивации.

Потребности производственного цикла допускают возможность изменения числа, последовательности и иных параметров технологических операций, включая расположение ключевого оборудования, что послужило предпосылкой для создания адаптивного алгоритма выбора схемы технологического маршрута.

Требования технического задания существенно ограничивают правила перемещения грузов и форму траекторий, но при этом оставляют множественность вариантов траекторий перемещения.

Задачей исследования являлась разработка программно-реализуемой математической модели для автоматизации формирования субоптимальной маршрутной схемы для последовательности технологических операций при управлении специализированным порталным краном.

При этом рассмотрены факторы, влияющие на потенциальную опасность эксплуатации автоматизированной системы, долговечность чувствительных к излучению узлов, компактность карты перемещений и сложность её программно-аппаратной реализации.

Моделирование и верификация математической модели проводились в программной среде Jupyter Lab на языке Python 3 с применением программных библиотек NumPy, Matplotlib, что подтвердило её корректность и работоспособность на пространстве задаваемых параметров.

УДК 621.51
ПРИМЕНЕНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ С АКТИВНЫМИ СИЛОВЫМИ
МЕХАНИЗМАМИ ПРИ ОБРАБОТКЕ НЕЖЕСТКИХ
ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ

В. А. КУЗНЕЦОВ, Е. В. БУШУЕВА, Е. В. ЛОБЧУК
Научный руководитель С. В. СОРОКИН, канд. техн. наук, доц.
Брянский государственный технический университет
Брянск, Россия

На большинстве современных предприятий обработка высокотехнологичных изделий малой жесткости проводится на основе производственного опыта и анализа изготовления образцов изделия при ручной выверке с большим количеством трудоемких разметочных и контрольных операций.

Проводимая работа посвящена проектированию тензометрической системы контроля перемещения контактирующих поверхностей, интегрированной в модуль технологической установочно-зажимной оснастки с действием обратной связи в режиме реального времени.

Создание аппаратного комплекса, решающего проблему обеспечения требуемых геометрических параметров обрабатываемых деталей как в одной плоскости, так и с учетом анализа многовекторных пространственных отклонений, является важной научно-практической задачей в рамках технологической подготовки изготовления тонкостенных, нежестких и других особо ответственных изделий.

В настоящее время реализован аппаратный модуль, определяющий величину перемещения элементов конструкции детали, который позволяет оценить значение заданного изгиба контактной поверхности или компенсационных перемещений установочных элементов оснастки, требуемых для обеспечения точностных показателей обрабатываемого изделия на основе физической и имитационной модели процесса деформирования изделия при его обработке и сборке. Основным элементом конструкции приспособления для формирования оптоволоконных шин является деталь «Колесо намоточное». При подготовке производства на этапах технологического обеспечения установленных заказчиком эксплуатационных параметров возникли сложности с их достижением.

Одними из основных требований при изготовлении изделий типа «Колесо намоточное» является обеспечение заданных высоких показателей прямолинейности и плоскостности, а также точности взаимного расположения поверхностей тонкостенных нежестких деталей. Поэтому создание аппаратного комплекса, решающего проблему технологического обеспечения требуемых геометрических и точностных параметров функциональных поверхностей обрабатываемых деталей на основе научно-обоснованного подхода к формированию требуемой величины компенса-

ционного перемещения элементов оснастки или реализации требуемого нагружения с целью обеспечения начального изгиба детали с учетом физической модели процесса ее деформирования и технологических факторов в рамках подготовки производства является важной научно-практической задачей в рамках технологической подготовки изготовления высокотехнологичных изделий.

Аппаратный комплекс предназначен для обработки данных по состоянию нежестких деталей или их элементов при установке заготовки в приспособление, в процессе обработки резанием или осуществлении сборочных операций. Комплекс, в частности, реализует функцию активного контроля пространственных отклонений или контроля величины начального технологического изгиба заготовки, обеспечивающего заданную геометрию обрабатываемой детали.

На основе информации о пространственных отклонениях при обработке и сборке изделия, полученных средствами моделирования процесса деформирования детали в среде САЕ-модуля интегрированных САПР, вырабатывается корректирующий сигнал положения установочных опор и усилий закрепления зажимных элементов оснастки для обеспечения заданных параметров геометрической точности с учетом показателей качества изделия, согласно конструкторской документации.

Основным фактором, обеспечивающим решение задачи технологического обеспечения требуемых параметров точности формы и размеров нежестких изделий является его компенсационное деформирование с учетом физической модели и пространственной конструкции. Реализация предлагаемого аппаратного решения предполагает интеграцию в состав силового механизма закрепления детали АСНИ-контроля величины изгиба для корректировки нагружающего воздействия и действительного пространственного расположения поверхностей детали для получения ее заданной формы.

Основной особенностью предлагаемой конструкции является наличие обратной связи по обеспечению пространственной компенсации положения базовых поверхностей изделия в пределах заданной величины.

Современное инновационное производство, широкое использование наукоемких технологий в общем машиностроении, быстрая смена номенклатуры выпускаемых изделий требуют совершенствования работы инженерных служб предприятий. Применение разрабатываемого автоматизированного комплекса позволит значительно сократить время освоения новой продукции за счет оптимизации работы инженера-проектировщика на начальных этапах технической подготовки производства, при технологическом обеспечении необходимых показателей качества изготавливаемых деталей и сборки узлов.

УДК 62-783.1
**ИНТЕРАКТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ИНДИКАЦИИ ЗАГАЗОВАННОСТИ
 НА БАЗЕ ЦИФРОВЫХ СВЕТОДИОДОВ WS2812B**

К. А. ЛИТВИНЧЁВ

Научный руководитель В. П. МАТЛАХОВ, канд. техн. наук, доц.
 Брянский государственный технический университет
 Брянск, Россия

Данная разработка необходима для обеспечения безопасности персонала на газоопасных участках насосно-перекачивающих станций. Микроконтроллер в системе используется в качестве управляющего устройства (рис. 1). Преобразователь уровня – плата, соединяющая проводной связью по протоколу RS485 два модуля MAX485 с микроконтроллерами. На схеме передатчика – на вход микроконтроллера Arduino поступает сигнал с датчика нефтяных газов MQ6.

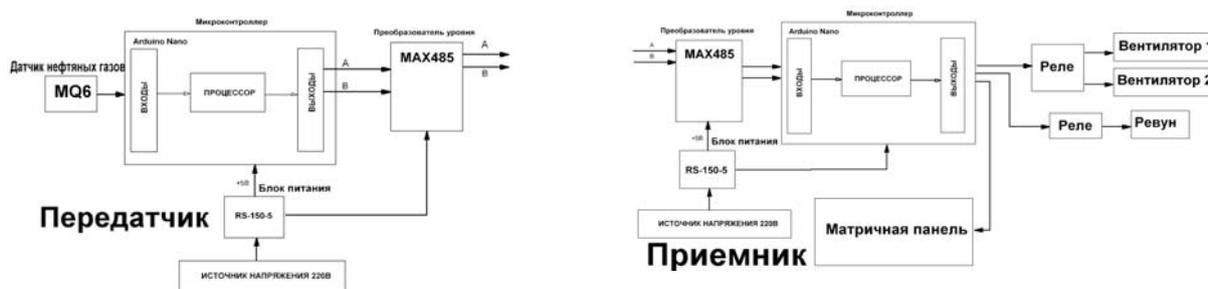


Рис. 1. Структурная схема приемника и передатчика

Далее этот сигнал преобразуется в значение PPM и передается по интерфейсу RS485 далее на другой коммутатор, т. е. на приемник. Реле – элемент автоматических устройств, который при воздействии на него внешних физических явлений скачкообразно принимает конечное число значений выходной величины. Вентилятор – это устройство, предназначенное для изменения и направления потока воздуха. Ревун – это сирена, обеспечивающая подачу звукового сигнала большой громкости. Матричная панель – устройство для визуального преобразования поступающего значения уровня загазованности. С передатчика сигнал по интерфейсу RS485 приходит на приемник. На приемнике полученный сигнал поступает на преобразователь TTL MAX485, далее идет на микроконтроллер Arduino. Контроллер принимает сигнал и преобразует его в ШИМ последовательность, которую воспринимает матричная панель.

В ходе выполнения работы был произведён анализ существующих устройств индикации цифровых светодиодов. Была разработана и изготовлена модель матричной панели. Также были проведены работы по сборке матричной панели, написаны алгоритм и рабочая программа.

УДК 621.9

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШПИНДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ

А. А. МАСАЛЬСКАЯ, Н. Ю. ЛАКАЛИНА, Д. В. ЛЕВЫЙ
Брянский государственный технический университет
Брянск, Россия

Шпиндельные узлы предназначены для передачи вращательного движения и крутящего момента от коробок скоростей к обрабатываемой детали или инструменту. В конструкцию шпиндельного узла входят опорные подшипники, в частности шпиндель и зубчатые колеса, сообщающие ему вращение.

Шпиндель станка служит для передачи вращения обрабатываемой детали или инструменту. Шпиндели сверлильных, расточных и некоторых других станков, кроме вращательного движения, осуществляют одновременно поступательное движение, а шпиндели хонинговальных станков одновременно осуществляют возвратно-поступательное движение. Шпиндель является весьма ответственной деталью станка. От точности вращения шпинделя зависит точность обработки деталей. К шпинделям станков предъявляется целый ряд требований для обеспечения надежности работы.

Данное исследование направлено на то, чтобы упростить проектирование привода главного движения металлорежущих станков. Это позволит, имея программный модуль, ускорить процесс расчета шпиндельных узлов с помощью программы Visual Studio.

Visual Studio служит интегрированной средой разработки (IDE), стартовой площадкой для написания, отладки и сборки программного кода. Она применяется для публикации приложений. IDE является многофункциональной программой, помогающей в создании программного обеспечения.

Были проработаны вопросы расчета коробки скоростей привода, проанализированы существующие методики и критерии расчета, разработаны 3D-модели валов и подшипников различных типов металлорежущих станков.

Целью исследования является предоставление пользователю возможности расчета шпиндельного узла в автоматизированном режиме. Для каждого конкретного случая можно рассчитать свои геометрические и силовые параметры шпиндельного узла. Данным программным модулем будут заинтересованы сотрудники конструкторского бюро машиностроительных предприятий, т. к. с его помощью можно значительно повысить производительность. Также программа может использоваться в профильных учебных заведениях.

УДК. 531.3

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КАК ОСНОВА РАЗРАБОТКИ ЭКЗОСКЕЛЕТОВ

К. С. МАСЛОВА

Научный руководитель А. В. БОРИСОВ, д-р физ.-мат. наук, доц.
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске
Смоленск, Россия

Развитие области конструирования экзоскелетов является актуальной и важной задачей робототехники. Устройства, предназначенные для увеличения силовых характеристик человека, представляют собой внешний каркас, который может иметь как активный, так и пассивный принцип работы, т. е. работать от внешнего источника энергии, в таком случае он менее мобилен, или же использовать возможности применения силы человека и кинетической энергии [1].

Необходимость применения экзоскелетов в данный момент особенно актуальна в медицинской, военной и производственной областях. Также экзоскелеты нужны при проведении спасательных, строительных работ, в реабилитационных центрах. Использование экзоскелетов снижает метаболические затраты, возникающие при движении, что открывает новые возможности для человека [2].

В настоящее время продолжают исследования в области моделирования экзоскелетов, особенно актуальны математические модели, т. к. их применение позволяет наиболее оптимально решать возникающие проблемы. Существующие экзоскелеты, как правило, обладают такими недостатками, как высокая цена, определяющаяся дорогостоящими материалами, большая масса, влияющая на мобильность конструкции, и, в случае реабилитации, индивидуальными запросами в зависимости от необходимого восстановления. Таким образом, предварительное создание математической модели позволит минимизировать ошибки при проектировании и конструировании экзоскелетов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Борисов, А. В.** Применение обобщений матриц для построения дифференциальных уравнений движения трехмерных моделей эндо- и экзоскелета по уравнениям плоских механизмов / А. В. Борисов, А. В. Чигарев // Теоретическая и прикладная механика: Междунар. науч.-техн. сб. – Минск: БНТУ, 2019. – Вып. 34. – С. 91–104.

2. **Борисов, А. В.** Модель звена экзоскелета переменной длины с двумя весомыми абсолютно твердыми участками / А. В. Борисов, К. С. Маслова // Междунар. журнал теории и научной практики. – 2019. – Т. 2, вып. 2. – С. 104–109.

УДК 62-523

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
РЕГУЛИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА
В МИНИ-ТЕПЛИЦЕ

И. О. ПЕРЕШИВКО

Научный руководитель В. П. МАТЛАХОВ, канд. техн. наук, доц.
Брянский государственный технический университет
Брянск, Россия

В настоящее время данная тема как в России, так и в мире достаточно популярна. На рынке большое количество предложений данного товара. Но цена таких устройств достаточно велика и в большинстве случаев система управления данных устройств не дает пользователю возможности существенного изменения программы управления, что, в свою очередь, не позволяет использовать устройство для выращивания разнообразных культур.

Микроклимат, который создается в мини-теплице, не зависит от каких бы то ни было климатических изменений вовне, а значит, может быть как применен в быту, так и расширен до промышленных масштабов.

В работе был проведен анализ существующих автоматизированных мини-теплиц, а также выполнен обзор аналогов и патентный поиск с целью выявления уже существующих решений. Был выбран наиболее оптимальный вариант применительно к цели проекта. Была разработана система управления для автоматизации ухода за растениями, которая обеспечивает стабильные параметры микроклимата, дает возможность удобной корректировки и мониторинга микроклимата и при этом не обладает аппаратной избыточностью. Произведен обоснованный выбор элементов системы автоматического регулирования.

Кроме того, были разработаны специальные алгоритмы для оптимального функционирования всех систем автоматизированной мини-теплицы. По разработанному алгоритму было произведено программирование микроконтроллера на языке C++ как более простого и удобного для конечного пользователя.

Произведены работы по изготовлению и сборке рабочей модели автоматизированной мини-теплицы, в которой были применены технические решения, описанные в данной работе.

В итоге была спроектирована и собрана «гибкая» и легко перенастраиваемая под разные типы растительных культур автоматизированная мини-теплица с системой управления.

УДК 621.95 ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ШЕСТИГРАННЫХ ОТВЕРСТИЙ

С. Г. ПОЛТОРАЦКИЙ

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

В продукции машиностроения можно часто встретить шестигранные отверстия. Для получения таких отверстий используется специализированное оборудование, зачастую дорогостоящее, требующее квалифицированных кадров для работы на нем. Использовать такое оборудование для единичного и среднесерийного производства нецелесообразно.

Решением данной проблемы может стать обработка шестигранных отверстий специальным инструментом, работающим по принципу обкатывания. В основе такого инструмента лежит пятиугольник постоянной ширины (рис. 1). Отличие этой фигуры от обычного пятиугольника в том, что грани не прямые, а имеют скругление. Чтобы получить такое скругление на грани, необходимо из вершины, лежащей напротив этой грани, провести дугу между началом и концом грани.

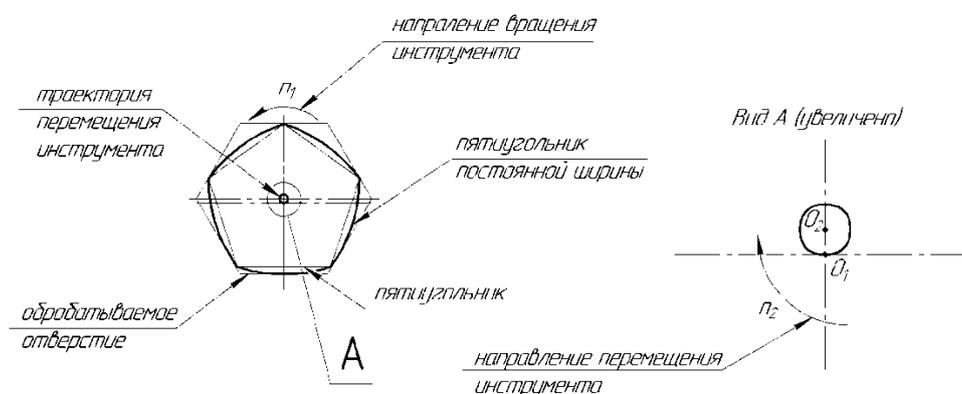


Рис. 1. Пятиугольник постоянной ширины: O_1 – центр инструмента; O_2 – центр обрабатываемого отверстия

При вращении инструмента вокруг своей оси (n_1) и одновременном перемещении его по траектории (n_2) формируется шестигранное отверстие. При этом количество проходов инструмента по траектории для формирования полного профиля отверстия равняется количеству вершин пятиугольника (количеству режущих кромок инструмента). Одновременно с этими двумя движениями инструмент будет врезаться внутрь обрабатываемой детали для снятия металла. Инструмент обладает канавками для вывода стружки из отверстия.

УДК 621.83.06

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОЦЕНКИ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТОЧНОСТНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАДИАЛЬНО-ПЛУНЖЕРНЫХ ПЕРЕДАЧ

К. В. САСКОВЕЦ

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

Разработаны методы оценки и обеспечения точностных эксплуатационных показателей радиально-плунжерных передач с применением спектрального анализа функции кинематической погрешности на основе ряда Фурье

$$F(\varphi) = a_0 / 2 + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos k\varphi + b_k \sin k\varphi, \quad (1)$$

где $a_0 / 2$ – нулевой член разложения; a_k, b_k – коэффициенты ряда Фурье; k – порядковый номер гармонической составляющей.

Ряд или функцию кинематической погрешности можно представить также в виде

$$F(\varphi) = c_0 / 2 + \sum_{k=1}^n c_k \sin(k\varphi + \varphi_k), \quad (2)$$

где c_k – амплитуда k -й гармоники; φ_k – начальная фаза; n – принятое число членов разложения функции $F(\varphi)$.

Неточности передач, характеризующиеся кинематической погрешностью, рассматриваются в тесной связи с особенностями их конструкции, кинематики, динамики, способами изготовления и контроля.

Новизна исследований заключается в установлении причинно-следственных связей между гармоническими составляющими амплитудно-частотного спектра кинематической погрешности радиально-плунжерных передач и их неточностями (погрешностями) при проектировании и изготовлении. При этом проведен анализ кинематической точности, плавности работы, полноты контакта, по частоте, амплитуде и начальной фазе определены основные элементарные погрешности, соответствующие этим гармоническим составляющим, выявлены причины их образования, а также их взаимодействие в передаче.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методы экспериментальных исследований кинематической точности планетарных передач с промежуточными телами качения и контроля профиля беговых дорожек / А. В. Капитонов [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2016. – № 2 (51). – С. 41–50.

УДК 637.1.023; 641.526.2

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОНВЕКЦИОННЫХ И РОТАЦИОННЫХ ПЕЧЕЙ

М. Н. СМАГИНА, Е. Р. ТЕРЕШКОВА

Научный руководитель А. А. СМОЛЯК, канд. техн. наук, доц.
Могилевский государственный университет продовольствия
Могилев, Беларусь

В мясной промышленности конвекционные и ротационные печи применяются для реализации процесса запекания мясных изделий из мясного фарша (мясные хлеба, запеченные паштеты).

Традиционная технология производства мясного хлеба имеет ряд существенных недостатков с позиции энергетики: применение металлических форм приводит к расходу тепла на нагрев формы, наблюдается неравномерность колерования поверхности изделия и неравномерность толщины корочки. Теплота к фаршу передается прежде всего путем теплопроводности от металлической формы, которая контактирует с 70...80 % площади изделия. Прямая теплопередача непосредственно к фаршу за счет конвекции от греющей среды и излучения от поверхности камеры передается только через верхнюю поверхность, занимающую в зависимости от формы 20...30 % от общей поверхности изделия. Применение формы ограничивает возможности интенсификации процесса за счет повышения теплоотдачи от греющей среды непосредственно к поверхности изделия.

Таким образом, целесообразно отказаться от применения металлических форм. Подобный подход имеет следующие преимущества: снижаются затраты на приобретение металлических форм и их санитарную обработку; снижаются затраты теплоты на нагрев и поддержание температуры массивных сплошных форм; возникает возможность интенсификации процесса за счет повышения теплоотдачи от греющей среды непосредственно к поверхности изделия; обеспечивается более высокая равномерность температурного поля на поверхности изделия; обеспечивается более высокая равномерность прогревания внутренних слоев; снижается необходимость применения сложных в реализации способов производства переменных режимов тепловой обработки; повышаются потребительские показатели качества готовых изделий.

Для прямого контакта продукта с греющей средой разработаны специальные кассеты, обеспечивающие соприкосновение свыше 95 % поверхности тела с непосредственным теплоносителем.

УДК 621.8
АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЯ КОЛЬЦА СТОПОРНОГО
НА МАШИНЕ РАЗРЫВНОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ 600М
ДЛЯ СРАВНЕНИЯ С ИССЛЕДОВАНИЯМИ САД-СИСТЕМЫ АРМ FEL

П. В. СТЕПАНОВИЧ

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

Из начальных условий известно, что нагрузка на кольцо будет равна 294,048 кН, они же 30 000 кг, геометрические параметры и материал принимаем из ГОСТ 13940–86. После проделанных всех необходимых манипуляций в приложении АРМ FEL получили следующий результат. Коэффициент запаса по текучести равен 1,656079, норма коэффициента запаса по текучести находится в границах от 1,3 до 1,7.

Испытания при помощи разрывной машины показали, что кольцо из материала 50ХГА (ГОСТ 14959–2016) не выдерживает нагрузки при 381 кН [1]. Испытания проводились в количестве трех штук для более точного снятия показаний и уменьшения погрешности.

Можно сделать вывод, что кольцо полностью выдерживает предъявляемые ему требования по прочности. Исходя из требований заказчика, данное оборудование будет работать на территории Российской Федерации, запас по прочности должен соответствовать нормативным документам. Согласно Федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности» ответственное оборудование должно иметь запас прочности 20...25 %. Кольцо имеет запас прочности 30 %, следовательно, узел гидравлического клапана, который крепится при помощи исследуемого кольца, полностью удовлетворяет требованиям Федеральных норм.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Степанович, П. В.** Испытание кольца стопорного на машине разрывной гидравлической 600М для сравнения с исследованиями САД-системы АРМ FEL / П. В. Степанович, А. Н. Жигалов // Материалы, наука–практика: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Барановичи, 15 мая 2020 г. – Барановичи: БарГУ, 2020.

УДК 621.787
ПОВЫШЕНИЕ ГЛУБИНЫ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТНОГО
СЛОЯ УПРОЧНЯЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ КОМБИНИРОВАННЫМ
МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКИМ НАКАТЫВАНИЕМ

И. А. ТАРАДЕЙКО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Известен способ комбинированного магнитно-динамического накатывания наружных поверхностей тел вращения, при котором на упрочняемую поверхность последовательно воздействуют вращающимся магнитным полем и деформирующими шарами, осуществляющими импульсно-ударное деформирование. Особенностью указанного способа комбинированной обработки является малая глубина модификации упрочненного поверхностного слоя детали. Между тем для наружных поверхностей тел вращения, работающих в условиях циклических знакопеременных нагрузок и высоких контактных напряжений, крайне важно обеспечить увеличение глубины упрочнения поверхностного слоя.

Для решения поставленной задачи разработан способ комбинированной обработки, в соответствии с которым на поверхность ферромагнитной детали последовательно воздействуют вращающимся постоянным магнитным полем, импульсно-ударным деформированием и магнитным полем с периодическим изменением направлений силовых линий.

Для реализации предложенного способа упрочняющей обработки разработана конструкция комбинированного инструмента, позволяющая совместить указанные виды энергетического воздействия в один технологический переход (одну операцию).

Инструмент содержит следующие основные элементы: оправку; диски, образующие кольцевую камеру; ферромагнитные деформирующие шары, а также комплексную магнитную систему, обеспечивающую упрочняющее воздействие на поверхность ферромагнитной детали постоянным магнитным полем, сообщение деформирующим шарам рабочих движений и окончательную упрочняющую обработку магнитным полем с периодическим изменением направления силовых линий.

Комбинированная магнитная система спроектирована на основе цилиндрических постоянных магнитов осевой намагниченности из редкоземельных материалов, установленных в соответствующих аксиальных и радиальных отверстиях обойм инструмента.

Разработанный способ комбинированной обработки позволяет повысить производительность процесса упрочнения, увеличить глубину модифицированного поверхностного слоя и обеспечить высокие эксплуатационные свойства поверхностей ферромагнитных деталей.

УДК 66.03
 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СПИРАЛЬНО-ЛЕНТОЧНОЙ
 МЕШАЛКИ НА НАПРЯЖЕНИЯ В SOLIDWORKS

Е. А. ТИМАНОВСКИЙ

Научный руководитель Л. В. КОНЧИНА, канд. физ.-мат. наук, доц.
 Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске
 Смоленск, Россия

Проверка вала на напряжения является обязательной частью при его проектировании, т. к. на лопасти вала приходится основная нагрузка при перемешивании сухих смесей.

Проектирование мешалки, а также ее расчет производились при помощи системы автоматизированного проектирования SOLIDWORKS.

Спроектирована спирально-ленточная мешалка. Также против хода вращения приложена сила в размере 50 кг на лопасть.

На рис. 1 представлена эпюра напряжений Von Mises.

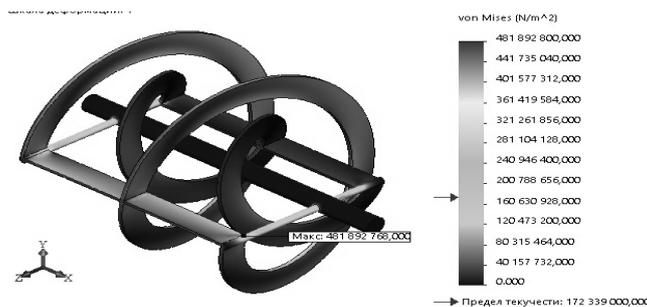


Рис. 1. Эпюра напряжений

Напряжение von Mises или эквивалентное напряжение представляет собой величину напряжения, рассчитанную исходя из составляющих напряжений.

Напряжение von Mises вычисляется следующим образом на основе шести компонентов напряжения:

$$VON = \{0,5 \cdot [(sX \ sY)^2 + (sX \ sZ)^2 + (sY \ sZ)^2] + 3 \cdot (tXY^2 + tXZ^2 + tYZ^2)\}^{(1/2)} \quad (1)$$

или, что эквивалентно, исходя из трех главных напряжений:

$$VON = \{0,5 \cdot [(P_1 - P_2)^2 + (P_1 - P_3)^2 + (P_2 - P_3)^2]\}^{(1/2)} \quad (2)$$

Таким образом, проанализировав полученную эпюру напряжений, выделена самая напряженная область, которая находится в стыке между креплением вала и направляющей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Bendall, D.** Mixers and food processors / D. Bendall // Food Management. – 2003. – Vol. 38, № 2. – 74 p.

УДК 621.9

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ НА ФИЗИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОНЕНТОВ СОСТАВА
ТВЕРДОГО СПЛАВА И СТОЙКОСТЬ ИНСТРУМЕНТА

Д. Г. ШАТУРОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Объем механической обработки в настоящее время продолжает оставаться большим и соответствует более 50 % от всего объема производства.

При разработке технологического процесса обработки детали входит такой раздел, как назначение режимов резания. Увеличение режимов резания приводит к увеличению температуры от всех параметров режима, особенно от скорости резания. Она является основным фактором, определяющим физическое состояние контакта рабочих поверхностей. При увеличении скорости резания увеличивается коэффициент теплопроводности кобальта и уменьшается коэффициент теплопроводности вольфрама. В точке пересечения коэффициентов теплопроводностей кобальта и вольфрама имеем одинаковую температуру на всей площади контакта стружки с передней поверхностью резца, равную 300 °С, что соответствует максимальной величине наростообразования и наивысшей стойкости инструмента. Так, при режимах обработки $t = 1,0$ мм, $S = 0,24$ мм/об, сталь 45, резец Т15К6 этот момент наступает при скорости резания $V = 40$ м/мин. При дальнейшем увеличении скорости резания коэффициент теплопроводности вольфрама становится меньше коэффициента теплопроводности кобальта, который при температуре 450 °С и скорости резания $V = 72$ м/мин имеет максимальное значение. Кобальт, имеющий более чем в 3 раза больший коэффициент линейного расширения, выступает под поверхностью расположения карбидов вольфрама, препятствует сходу стружки. В результате стружка сносит с передней поверхности как зерна кобальта, так и адгезионно связанные с ним зерна карбидов вольфрама и титана. Происходит интенсивнее абразивно-адгезионное изнашивание рабочих поверхностей резца. Износу поверхностей способствует также и то, что при температуре 450...600 °С и скорости резания $V = 72...100$ м/мин происходит разупрочняющий процесс рекристаллизации кобальта и нароста, образовавшегося на передней поверхности инструмента. Были определены величины скоростей резания, при которых обеспечивается максимальная стойкость инструмента и максимальный ресурс его работы, начало и окончание абразивно-адгезионного его износа.

УДК 539.3

О ПОТЕРЕ УСТОЙЧИВОСТИ СЛОИСТОЙ ОБОЛОЧКИ, СОДЕРЖАЩЕЙ ЭЛЕКТРОРЕОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПОЗИТ

Р. М. АТАЕВ

Научный руководитель Г. И. МИХАСЁВ, д-р физ.-мат. наук, проф.
Белорусский государственный университет
Минск, Беларусь

Рассматривается задача о потере устойчивости слоистой круговой цилиндрической оболочки под действием осевой нагрузки. В качестве исходной использована модель, разработанная в [1]. Рассматриваются оболочки равной длины и радиуса из трёх, пяти и семи слоёв. Слои с нечётными номерами сделаны из АБС-пластика SD-0170, слои с чётными номерами – из электрореологического композита. Суммарный вес пластика, а также композита фиксирован и не зависит от числа слоёв. Свойства композита зависят от температуры и напряженности электрического поля. Исследуются случаи для трёх температур композита (0, 60 и 100 °С) при воздействии электрического поля различной напряженности.

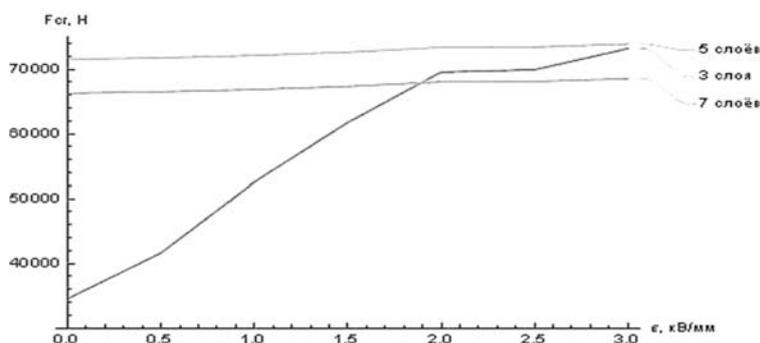


Рис. 1. Зависимость критической силы F_{cr} от напряженности электрического поля ϵ для оболочек с разным количеством слоёв при температуре композита 60 °С

На рис 1. приведены результаты для одной из температур композита. Действие электрического поля увеличивает жёсткость всех трёх оболочек и приводит к увеличению критической силы. Наибольшему влиянию подвержена оболочка из трёх слоёв. Видно, что при $\epsilon < 3$ кВ/мм наибольшей жёсткостью обладает оболочка из пяти слоёв.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Mikhasev, G. I.** Equivalent Single Layer Model for Thin Laminated Cylindrical Shells / G. I. Mikhasev, H. Altenbach // In: Thin-walled Laminated Structures. Advanced Structured Materials. – Cham: Springer, 2019. – Vol. 106. – P. 29–84.

УДК 621.83.06

КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ МЕЖДУ СОСТАВНЫМИ РОЛИКАМИ В ПЛАНЕТАРНОЙ ТОРОВОЙ ВИНТОВОЙ ПЕРЕДАЧЕ

А. Д. БОДУНОВА

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

Поскольку планетарная торовая винтовая передача является многопоточной, то нагрузка между составными роликами при передаче мощности распределяется неравномерно. На степень неравномерности оказывает влияние точность изготовления деталей и сборки передачи и угол поворота составного ролика, который определяется взаимодействием пальцев ролика с беговыми дорожками на ведущем и зафиксированном звеньях. Анализ распределения нагрузки между составными роликами был проведен с помощью компьютерного моделирования в программе NX. В качестве объекта исследования рассматривалась торовая винтовая передача с передаточным отношением 21, количеством составных роликов 7 (с двумя пальцами на каждом). С целью упрощения расчетной модели в качестве ведущего звена задавалось звено с беговой дорожкой с числом витков Z_1 (в рассматриваемом случае равнялось 2), а ведомого – звено с канавками (представляющими собой часть винтовой линии) количеством Z_3 (в рассматриваемом случае равнялось 10). Вал с установленными составными роликами был зафиксирован. В качестве выходных данных измерялись вращающие моменты на составных роликах.

Анализ полученных результатов показывает, что при прохождении пальцев составного ролика с беговой дорожки одного звена на беговую дорожку другого звена он не передает нагрузку, причем чем ближе к этому положению, тем меньше передаваемый роликком момент. Максимальный момент передается роликом при расположении его пальцев на теоретической середине беговых дорожек (ось пальцев параллельна оси ведомого вала). Также если сравнивать расположение пальцев относительно ведущего звена, можно заметить, что при их взаимодействии с беговой дорожкой на радиусах поверхности ведущего звена, меньших радиуса, на котором передаваемый момент максимален, передаваемое усилие будет выше, чем на радиусах больше указанной зоны. При этом максимальный момент, передаваемый составным роликом, превышает минимальный (исключая случай, когда ролик не передает нагрузку) в 2,3 раза.

Полученные результаты подтверждают адекватность разработанной математической модели для определения сил, действующих в передаче.

УДК 621.83.06
МЕХАНИЗМ ВЫРАВНИВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ
МЕЖДУ СОСТАВНЫМИ РОЛИКАМИ В ПЛАНЕТАРНОЙ
ТОРОВОЙ ВИНТОВОЙ ПЕРЕДАЧЕ

А. Д. БОДУНОВА

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

В планетарной торовой винтовой передаче усилие передается по потокам, в частности через составные ролики. Соответственно, чтобы снизить усилия, действующие в передаче, необходимо уменьшить степень неравномерности нагрузки между составными роликами. Для этого нужно разработать механизм выравнивания нагрузки по потокам. Предлагаемый механизм заключается в установке упругих элементов под пальцы в отверстиях цилиндрического диска составного ролика. Таким образом, в процессе работы передачи перемещение пальцев вдоль своих осей вращения будет компенсировать неточности изготовления и сборки передачи.

С целью проверки работоспособности предложенного механизма были разработаны две 3D-модели передачи: без механизма выравнивания нагрузки по потокам и с разработанным механизмом. Рассматривалась торовая винтовая передача с передаточным отношением 21, количеством составных роликов 7 (с двумя пальцами на каждом). В качестве исходных данных для компьютерного моделирования испытания передачи задавались нагрузка на ведомом звене 100 Н·м и частота вращения ведущего звена 6 мин⁻¹. Измеряемым параметром являлся вращающий момент на составном ролике. Для упругих элементов в механизме выравнивания нагрузки задавалась жесткость, эквивалентная пластмассе (4000 Н/мм) и резине (3000 Н/мм).

Анализ полученных результатов показывает, что амплитуда колебаний момента в случае применения упругих элементов из резины меньше по сравнению: без механизма выравнивания нагрузки – на 54 %, с пластмассовыми упругими элементами – на 25 %, а разброс между вращающими моментами на разных составных роликах снижается: без механизма выравнивания нагрузки – на 59 %, с пластмассовыми упругими элементами – на 36 %. Проведенный анализ показал, что в механизме выравнивания нагрузки по потокам для торовой винтовой передачи наиболее целесообразно использование упругих компенсирующих элементов, изготовленных из резины, что позволяет снизить ударные нагрузки при переходных процессах и неравномерность передаваемого усилия, вызванные неточностью изготовления передачи.

УДК 531.312.1

РАСЧЕТ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ РОБОТА В СФЕРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ

И. А. ВЕКША

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

Вертикальная колонна 1, несущая руку робота-манипулятора (рис. 1), поворачивается на угол φ . Рука со схватом поворачивается на угол θ и выдвигается на расстояние r . Момент инерции вертикальной колонны относительно оси вращения J_1 ; звенья 2 и 3 считаем тонкими однородными стержнями длиной l_2 и l_3 , массой m_2 и m_3 ; масса переносимого груза m . К вертикальной оси вращения приложен момент M_φ ; к оси поворота второго звена – момент M_θ и движущая сила, создаваемая приводом в поступательной паре, F_{23} . Составим дифференциальные уравнения движения механизма.

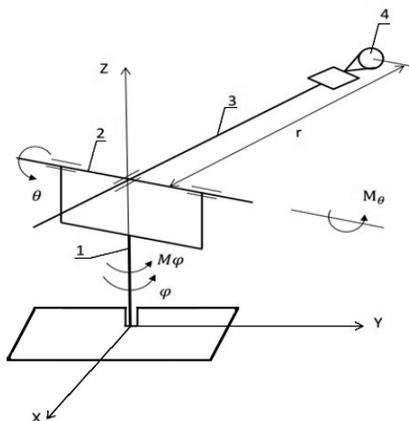


Рис. 1. Схема робота, работающего в сферической системе координат

Кинетическую энергию механизма определим из выражения

$$T = \frac{1}{2} \left[J_1 + \frac{m_2 l_2^2}{12} + \frac{m_3}{3} (r^2 + r l_3 + l_3^2) + m r^2 \cos^2 \theta \right] \dot{\varphi}^2 + \frac{1}{2} \left[\frac{m_3}{3} (r^2 + r l_3 + l_3^2) + m r^2 \right] \dot{\theta}^2 + \frac{m_3 + m}{2} \dot{r}^2.$$

Для определения дифференциальных уравнений движения механизма применим уравнения Лагранжа II-го рода. Сообщая механизму последовательно независимые обобщенные возможные перемещения $\delta\varphi$, $\delta\theta$, δr , определим обобщенные силы:

$$Q_\varphi = M_\varphi, \quad Q_\theta = M_\theta - (m_3 + m) r g \cos \theta;$$

$$Q_r = F_{23} - (m_3 + m) g \sin \theta.$$

Полученные дифференциальные уравнения движения механизма робота-манипулятора будут иметь вид:

$$\frac{d}{dt} \left[J_1 + \frac{m_2 l_2^2}{12} + \frac{m_3}{3} (r^2 + r l_3 + l_3^2) + m r^2 \cos^2 \theta \right] \dot{\varphi}^2 = M_\varphi;$$

$$\frac{d}{dt} \left[\frac{m_3}{3} (r^2 + r l_3 + l_3^2) + m r^2 \right] \dot{\theta} + m r^2 \dot{\varphi}^2 \sin \theta \cos \theta = M_\theta - (m_3 + m) r g \cos \theta;$$

$$(m_3 - m) \ddot{r} - \frac{m_3}{6} (2r + l_3) (\dot{\varphi}^2 + \dot{\theta}^2) - m r (\dot{\theta}^2 + \dot{\varphi}^2 \cos^2 \theta) = F_{23} - (m_3 + m) g \sin \theta.$$

УДК 621.926

МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ВИБРАЦИОННАЯ ДРОБИЛКА

З. О. ГОШКО, М. И. МАГАЦ

Львовский национальный аграрный университет
Львов, Украина

С. Ф. ЮХИМЧУК

Луцкий национальный технический университет
Луцк, Украина

Созданная полезная модель дробилки с рабочим органом расширяет диапазон ее использования за счет введения дополнительных элементов и совершенствования конструкции для улучшения качества дробления, повышения производительности и надежности. На рис. 1 изображена электромагнитная дробилка, содержащая загрузочный бункер, питатель, дробильную камеру, состоящую из жестко закрепленного на корпусе неподвижного лотка, под которым расположен подвижный лоток с ромбовидными рифами, соединенный с корпусом с помощью упругих элементов и жестко закрепленного электромагнитного вибратора. Для уменьшения конструктивных габаритов, повышения эффективности измельчения и надежности конструкции привод для создания вибрационных колебаний жестко крепится к нижней части подвижного лотка, а регулировочный механизм обеспечивает необходимую амплитуду в зависимости от степени измельчения материала.

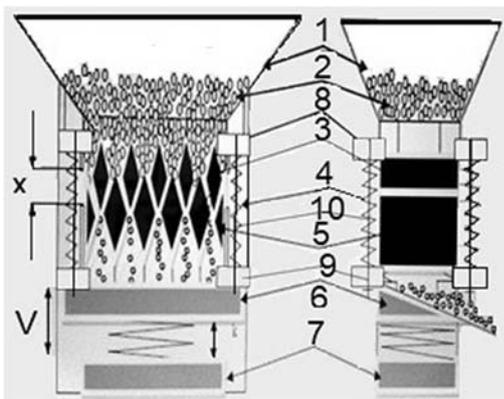


Рис. 1. Технологическая схема зерновой дробилки с электромагнитным вибровозбудителем: 1 – бункер; 2 – зерно; 3 – пассивные рифы; 4 – пружины; 5 – активные рифы; 6 – вибrolоток; 7 – электромагнитный вибратор; 8 – чашка; 9 – стакан; 10 – винтовые упоры

В модернизированной конструкции дробилки уменьшаются энергозатраты на преодоление вредных сопротивлений за счет использования электромагнитного вибровозбудителя. Отсутствие в приводе подвижных соединений и дополнительных механизмов передачи движения делает ее надежной, а возвратно-поступательное движение подвижных рифов позволяет избежать возникновения воздушно-зернового потока, образующегося при высоких скоростях вращения.

УДК 621.83.06

КЛАССИФИКАЦИОННАЯ СХЕМА СФЕРИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ
С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ

Е. С. ЛУСТЕНКОВА

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

На основе проведенного анализа тенденций развития передач с промежуточными телами качения и разработанных конструкций передач сферического типа разработана классификационная схема этих передаточных механизмов, отличающаяся разделением передач по количеству звеньев, контактирующих с телами качения (двухзвенные и трехзвенные), по виду геометрического замыкания высших кинематических пар, образуемых телами качения (одностороннее и двухстороннее), и их фиксации относительно одного из элементов (с закрепленными и незакрепленными осями). В качестве основного классификационного признака принято соответствие конструкций сферических передач одной из схем планетарных зубчатых передач по классификации В. Л. Кудрявцева. Это позволило установить перспективные группы механизмов для реализации заданного диапазона передаточных отношений 16...200, обеспечивающие максимальную нагрузочную способность и КПД при минимальных массе и габаритах [1].

Установлены группы сферических передач для решения поставленных задач: двухконтактные сферические роликовые передачи, спроектированные по схеме $2k-h$, с двухрядным сателлитом, с осями роликов, закрепленными на сателлите, с двухсторонним геометрическим замыканием высших кинематических пар, образованных роликами с замкнутыми периодическими беговыми дорожками, причем центр масс сателлита должен быть расположен на оси передачи и совпадать с центром, относительно которого он совершает сферическое движение, а средние плоскости периодических беговых дорожек должны совпадать с экваториальной плоскостью сферической поверхности сателлита. Это позволит повысить уравновешенность, нагрузочную способность, КПД и технологичность изготовления передач [2].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Лустенков, М. Е.** Оценка кинематических возможностей и КПД сферической и роликовой передач / М. Е. Лустенков, Е. С. Лустенкова // Вестн. машиностроения. – 2019. – № 3. – С. 25–28.

2. Технологические аспекты создания рабочих поверхностей передач новых типов: монография / П. Н. Громыко [и др.]. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2012. – 209 с.: ил.

УДК 621.83.06

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ СФЕРИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

Е. С. ЛУСТЕНКОВА

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

Целью данной работы было проведение сравнительного структурного анализа конструкций малогабаритных механических передач, обеспечивающих широкий диапазон передаточных отношений. Рассматривались сферические роликовые передачи (СРП), у которых ролики устанавливаются в ряд отверстий сателлита [1], и прецессионные зубчатые передачи. Эти механизмы можно отнести к классу сферических, т. к. сателлит в обоих случаях совершает сферическое движение. Установлено, что у СРП с подвижными роликами число степеней подвижности с учетом дублирующих связей постоянно. У зубчатых передач (или СРП с жестко закрепленными роликами) число степеней подвижности уменьшается пропорционально количеству тел качения. Это приводит к значительной переопределенности системы, снижению КПД, повышению требований к точности изготовления [2].

Был проведен сравнительный анализ передач с телами качения, у которых ролики не соединены с другими деталями и перемещаются под действием сил и наложенных связей с СРП, у которых оси роликов зафиксированы на сателлите. Для однорядных передач с незакрепленными телами качения, спроектированных по схеме $2k-h$, корректным будет сравнение с также однорядными передачами с закрепленными роликами (но имеющими возможность вращаться относительно собственных осей), спроектированными по схеме $k-h-v$. В последнем случае предполагается использование сферической муфты. По результатам расчетов число степеней подвижности для СРП с закрепленными осями роликов на единицу больше, чем у передач с незакрепленными телами качения. Это также косвенно показывает преимущества двухконтактных передач по сравнению с трехконтактными, даже если в последних использованы составные тела качения, увеличивающие число степеней подвижности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Лустенков, М. Е.** Сферическая роликовая передача с двухрядным сателлитом: силовые расчеты и определение КПД / М. Е. Лустенков, Е. С. Лустенкова // Вестн. Брянс. гос. техн. ун-та. – 2019. – № 5. – С. 32–43.
2. **Лустенков, М. Е.** Оценка кинематических возможностей и КПД сферической и роликовой передач / М. Е. Лустенков, Е. С. Лустенкова // Вестн. машиностроения. – 2019. – № 3. – С. 25–28.

УДК 631.521

СХЕМА ДВУХХОДОВОГО МИНИ-АГРЕГАТА С КОМБИНИРОВАННЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

М. И. МАГАЦ, В. В. ШЕВЧУК

Львовский национальный аграрный университет
Львов, Украина

С. В. СИНІЙ

Луцкий национальный технический университет
Луцк, Украина

Одним из эффективных способов модернизации мини-агрегатов является использование разнообразных по конструкциям и назначению лап в качестве самостоятельных и комбинированных рабочих органов [1]. Для улучшения междурядной обработки почвы овощных культур создан двухходовой агрегат с комбинированными рабочими органами (рис. 1).



Рис. 1. Схема конструкции мини-агрегата: 1 – стрельчатая лапа; 2 – мотоблок «Зубр»; 3 – лапа «бритва»

Его особенность – небольшие габаритные размеры, повышенная маневренность, поочередные односторонние ходы в междурядье, что значительно влияет на качество обработки сельскохозяйственных культур на небольших земельных наделах.

Полная обработка междурядий выполняется в два хода агрегата: поочередные ходы в междурядье обеспечивают процессы максимально возможного подрезания лапалезвиями сорняков, а стрельчатые лапы во втором проходе поднимают сорняки на поверхность почвы, способствуя интенсивной их просушке и частичному закрытию влаги в разрыхленном слое почвы.

Данный процесс междурядной обработки почвы предназначен для различных овощных культур (картофель, столовая свекла, морковь и др.).

Данная конструктивно-технологическая схема агрегата является одним из основных смоделированных технических средств выполнения рабочих процессов, решает проблему минимизации повреждения корнеплодов и клубней вышеуказанных культур во время их обработки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Магац, М. І. Міні-агрегат для викопування картоплі / М. І. Магац, З. О. Гошко, С. В. Синій // Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст. – Луцьк, 2019. – Вип. 43. – С. 92–100.

УДК 622.24
**РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОГО ВАРИАНТА ЭКСЦЕНТРИКОВОЙ
 ПЕРЕДАЧИ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ ВХОДНОГО
 И ВЫХОДНОГО ВАЛОВ**

А. С. МАКАРЕВИЧ, С. Д. МАКАРЕВИЧ

Научный руководитель П. Н. ГРОМЫКО, д-р техн. наук, проф.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Эксцентриксовая передача может обеспечить высокое значение КПД, на ее основе может быть создана простая конструкция приводного устройства. Авторами была разработана структурная схема эксцентриксовой передачи с параллельным расположением входного и выходного валов, показанная на рис. 1.

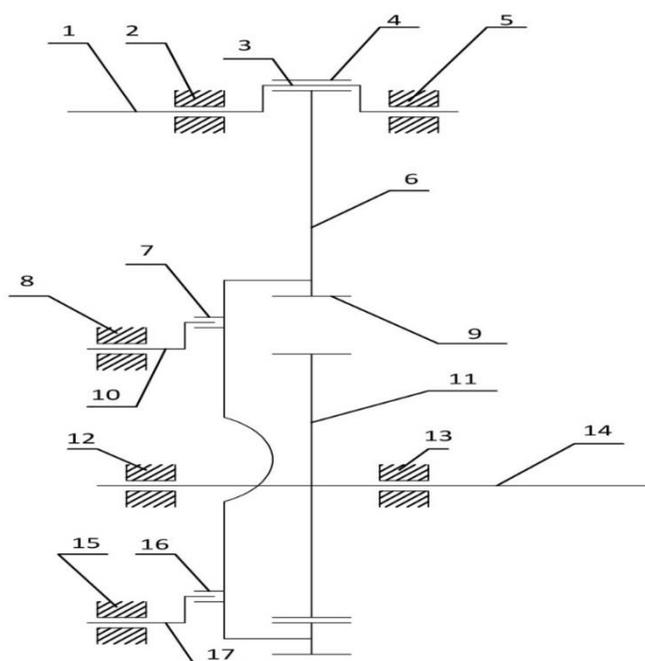


Рис. 1. Структурная схема эксцентриксовой передачи с параллельным расположением входного и выходного валов: 1 – входной вал; 2 – подшипниковая опора; 3 – кривошип; 4 – опорная втулка; 5 – подшипниковая опора; 6 – сателлит; 7 – опорная втулка; 8 – подшипниковая опора; 9 – внутренний зубчатый венец; 10 – кривошип; 11 – центральное колесо; 12 – подшипниковая опора; 13 – подшипниковая опора; 14 – выходной вал; 15 – подшипниковая опора; 16 – опорная втулка; 17 – кривошип

Структурной особенностью предлагаемой эксцентриксовой передачи является решение, позволяющее обеспечить передачу вращения между входным и выходным валами не при соосном, а параллельном их расположении.

УДК 621.83
ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ГИДРОПРИВОДОВ
НА ОСНОВЕ ПЕРЕДАЧИ ЭКСЦЕНТРИКОВОГО ТИПА

Д. Ю. МАКАЦАРИЯ

Могилевский институт МВД

Научный руководитель П. Н. ГРОМЫКО, д-р техн. наук, проф.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Современные транспортные и технологические машины представляют собой энергонасыщенную технику, способную выполнять различные производственные операции. Для реализации потенциала данной техники используются силовые установки, в основе функционирования которых находится гидропривод. В процессе выполнения технологических операций на рабочие органы машин воздействуют значительные усилия. При этом возникает необходимость в применении высокомоментных агрегатов.

В настоящее время на территории нашей страны предприятия, выпускающие машины данного типа, широко используют агрегаты как отечественного, так и импортного производства. При этом стоимость импортных агрегатов во много раз превышает стоимость отечественных. Так, для гидромоторов данная разница составляет от четырех до семи раз, для гидронасосов – от трех до пяти раз и т. д. Это приводит к увеличению себестоимости отечественной техники и снижению ее конкурентоспособности.

Однако несмотря на существенную разницу в стоимости, импортное оборудование широко закупается отечественными предприятиями, т. к. оно обладает высокими выходными параметрами, которые не обеспечивает отечественное оборудование. Изготовление деталей импортных агрегатов является высокотехнологическим процессом, возможность повторения которого отсутствует на отечественном оборудовании.

Решить вышеобозначенную проблему можно путем интеграции в отдельные элементы гидропривода отечественных машин эксцентриковых передач, обладающих низкими габаритами и стоимостными показателями и являющихся при этом высокомоментными. Создание малогабаритных агрегатов с меньшей себестоимостью позволит отечественной технике выйти на уровень мировых аналогов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологические аспекты создания рабочих поверхностей передач новых типов: монография / П. Н. Громько [и др.]. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2012. – 209 с.

УДК 539.3
СВОБОДНЫЕ И ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ СЭНДВИЧ-БАЛКИ,
СОДЕРЖАЩЕЙ ЭЛЕКТРОРЕОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПОЗИТ

А. П. МИХИЕВИЧ

Научный руководитель Г. И. МИХАСЕВ, д-р физ.-мат. наук, проф.
Белорусский государственный университет
Минск, Беларусь

С использованием модели слоистых балок, содержащих электрочувствительные слои [1], исследованы свободные и вынужденные колебания шарнирно опертой сэндвич-балки с электрореологическим сердечником с учетом действия электрического и температурного полей. Сэндвич-балка состоит из двух внешних слоёв: ABS-пластика и слоя электрореологического композита, состоящего из гётита (45 %), трансформаторного масла (51 %) и глицерина моноолеата (4 %).

В явном виде получены соотношения для собственной частоты и декремента колебаний. Численные эксперименты с использованием пакета Wolfram Mathematica 10 показали сильную зависимость данных характеристик от толщины электрореологического слоя, напряженности приложенного электрического поля и температуры композита.

Рассмотрена задача о вынужденных колебаниях электрореологической балки под действием сосредоточенной силы. Установлено, что приложенное электрическое поле смещает амплитудно-частотную характеристику вправо с одновременным сжатием амплитуды колебаний, при этом данное смещение оказывается незначительным для наименьших частот и возрастает с номером моды. Таким образом, электрореологический композиционный материал может быть использован в качестве «интеллектуального» компонента для эффективного гашения высокочастотных вибраций тонкостенных элементов конструкций (в частности, в машино- и авиастроении).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Mikhasev, G. I.** Equivalent Single Layer Model for Thin Laminated Cylindrical Shells / G. I. Mikhasev, H. Altenbach // In: Thin-walled Laminated Structures. Advanced Structured Materials. – Cham: Springer, 2019. – Vol. 106. – P. 29–84.

УДК 621.83.06

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ОСИ РОЛИКА СФЕРИЧЕСКОЙ РОЛИКОВОЙ ПЕРЕДАЧИ

А. Н. МОИСЕЕНКО, Я. Н. МЕТЕЛИЦА
 Научный руководитель Е. С. ЛУСТЕНКОВА
 Белорусско-Российский университет
 Могилев, Беларусь

Сферические роликовые передачи (СРП) [1] относятся к классу передач с промежуточными телами качения [2]. Проведена оценка возможностей изготовления центральных колес СРП на станках с ЧПУ с помощью цилиндрических фрез, по диаметру совпадающих с диаметрами роликов. До этого зубчатый профиль изготавливался сферическими фрезами либо с помощью аддитивных технологий. Ролики установлены на сателлите, в процессе работы СРП они контактируют с зубьями плоских (конических) центральных колес. Была составлена расчетная схема (рис. 1) и исследовано движение оси ролика при работе передачи.

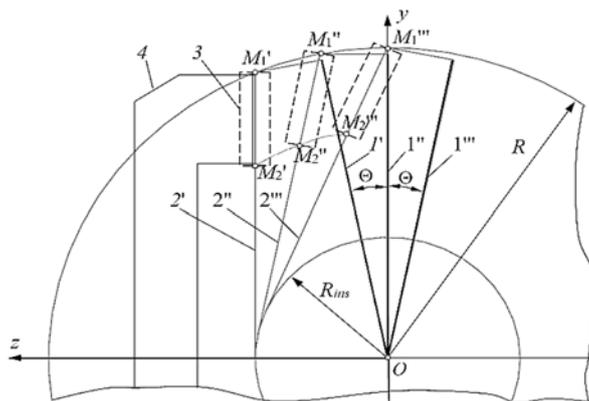


Рис. 1. Схема взаимодействия ролика и зубчатого колеса: 1 – сателлит; 2 – ось ролика; 3 – профиль ролика (фрезы); 4 – колесо

Установлено, что при изготовлении зубчатого профиля цилиндрическая фреза должна поворачиваться в плоскости, перпендикулярной торцу заготовки. При этом ось инструмента все время остается касательной к сфере с радиусом R_{ins} .

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лустенков, М. Е. Оценка кинематических возможностей и КПД сферической и роликовой передач / М. Е. Лустенков, Е. С. Лустенкова // Вестн. машиностроения. – 2019. – № 3. – С. 25–28.
2. Лустенков, М. Е. Определение основных геометрических параметров планетарных шариковых передач / М. Е. Лустенков // Сборка в машиностроении и приборостроении. – 2008. – № 1. – С. 12–17.

УДК 621.83.06
 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СФЕРИЧЕСКИХ
 РОЛИКОВЫХ ПЕРЕДАЧ С ДВУХРЯДНЫМ САТЕЛЛИТОМ

А. Н. МОЙСЕЕНКО, Я. Н. МЕТЕЛИЦА
 Научный руководитель Е. С. ЛУСТЕНКОВА
 Белорусско-Российский университет
 Могилев, Беларусь

Разработана методика определения основных геометрических параметров сферической роликовой передачи (СРП) [1] и установлены взаимозависимости этих параметров. Исходными данными для расчета являются (рис. 1): радиус основной сферы R , определяющий габариты передачи; радиус ролика r_s ; передаточное отношение, включающее числа зубьев колес и роликов; угол наклона кривошипа ведущего вала Θ .

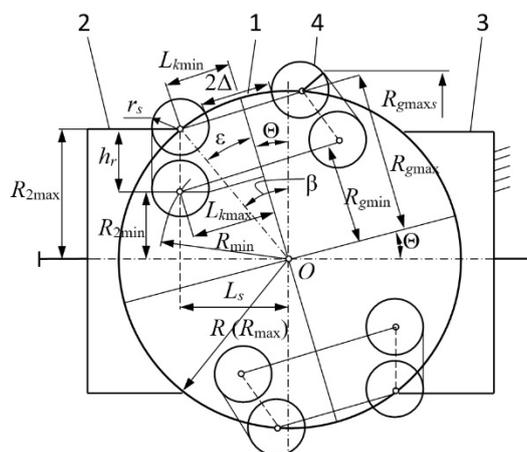


Рис. 1. Геометрические параметры СРП: 1 – основная сфера; 2 – ведомое центральное колесо; 3 – остановленное центральное колесо; 4 – инструментальная сфера

Особенностью методики является замена цилиндрической поверхности ролика высотой h_r совокупностью сфер с радиусом r_s (инструментальных сфер), центры которых располагаются на оси ролика и траектории которых представляют собой замкнутые периодические кривые [2]. Получены параметрические уравнения данных кривых.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лустенков, М. Е. Теоретические и экспериментальные исследования сферических роликовых передач / М. Е. Лустенков, Е. С. Лустенкова // Вестн. Ижевского гос. техн. ун-та. – 2017. – Т. 20, № 1. – С. 23–27.
2. Лустенков, М. Е. Определение основных геометрических параметров планетарных шариковых передач / М. Е. Лустенков // Сборка в машиностроении и приборостроении. – 2008. – №1. – С. 12–17.

УДК 621.833
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

И. А. ОСАДЧИЙ, М. О. БУСЕЛ
Военная академия Республики Беларусь
Минск, Беларусь

Определение координат центра тяжести (ЦТ) объектов является неотъемлемой задачей на этапах проектирования и доводки машин. В ГОСТ 31351 приведены формулы для расчета координат ЦТ изделия по значениям координат центров масс (ЦМ) и известным массам элементов изделия [1]. Однако применение данных формул, как правило, сопряжено со сложными расчетами перемещений масс элементов изделия.

Известно, что в любой момент времени для движущейся неизменяемой механической системы геометрические суммы главных векторов и главных моментов активных сил, реакций внешних связей и сил инерции относительно произвольного центра равны нулю [2]. Также известно, что момент инерции твердого тела относительно оси, проходящей через его ЦМ, имеет минимальное значение, а момент инерции твердого тела без внешних связей в ЦМ равен нулю [2]. Используя данные положения и представление произвольного движения твердого тела в [3], предлагается координаты ЦТ динамического объекта определять через мгновенный центр вращения (МЦВ) данного объекта по алгоритму:

- 1) установка на объекте двух трехосных датчиков вибраций;
- 2) измерение вибраций объекта;
- 3) расчет координат МЦВ за период колебаний объекта;
- 4) определение ЦТ как интегрального центра множества координат МЦВ, которые получены за период колебаний объекта.

Таким образом, предложенный алгоритм позволяет по координатам МЦВ значительно упростить процесс получения ЦТ объекта в динамике.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вибрация. Вентиляторы промышленные. Измерения вибрации: ГОСТ 31351–2007. – Взамен ГОСТ 5976–90 и ГОСТ 11442–90 в части проверки вибрационных характеристик вентиляторов; введ. РФ 01.07.08. – Москва: Стандартинформ, 2008. – 32 с.

2. Лукин, А. М. Теоретическая механика (раздел «Динамика»): учебно-методическое пособие / А. М. Лукин, В. В. Квалдыков. – 2-е изд., испр. и доп. – Омск: СибАДИ, 2010. – 336 с.

3. Осадчий, И. А. Методика вибрационного контроля вращающихся механизмов по динамике их мгновенного центра вращения / И. А. Осадчий // Сб. науч. ст. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2018. – № 35. – С. 116–125.

УДК 621.83.06

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВУЮЩИХ СИЛ В ПЛАНЕТАРНОЙ
ТОРОВОЙ ВИНТОВОЙ ПЕРЕДАЧЕ

А. П. ПРУДНИКОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Для анализа теоретического КПД и определения допустимых размеров звеньев планетарной торовой винтовой передачи с радиальной компоновкой необходимо определить силы, возникающие в процессе ее работы. С этой целью были проанализированы силы, действующие на составной ролик, передающий нагрузку от ведущего звена к ведомому. При этом учитывались силы трения, образующиеся при взаимодействии элементов составного ролика между собой, с беговыми дорожками и ведомым валом, а также сила инерции, возникающая при вращении ведомого вала с установленным составным роликом, и момент сил инерции, возникающий при вращении ролика относительно своей оси. Для нахождения необходимых сил и момента инерции получены зависимости для определения скорости и ускорения, возникающих при вращении ролика. Также были выведены уравнения для определения углов подъема кривых, образующих беговые дорожки на ведущем и зафиксированном звеньях передачи, необходимых для разрабатываемой математической модели, используемой для определения сил в исследуемой передаче.

Проведенный анализ полученной математической модели для определения сил, действующих в планетарной торовой винтовой передаче, показывает, что максимальные нагрузки возникают в зоне взаимодействия составного ролика с зафиксированным звеном и ведомым валом, а КПД передачи составляет 0,85...0,9, что соответствует червячному редуктору.

Поскольку для элементов (пальцев) составных роликов, посредством которых они взаимодействуют с ведущим и зафиксированным звеньями, наружная поверхность, контактирующая с беговыми дорожками, может быть цилиндрической или сферической формы, то выполнен анализ сил и КПД для обоих указанных случаев. В качестве объекта исследования была принята передача с диаметром составных роликов 28 мм, передаточным отношением 21, числом составных роликов 7 (с двумя пальцами каждый). Установлено, что при использовании цилиндрической формы поверхности КПД увеличился на 3,8 %, а силы, действующие со стороны ведущего и зафиксированного звеньев, снизились на 28...32 %. Также проанализирована зависимость КПД от угла поворота составного ролика (положения пальцев). Таким образом, максимальное КПД достигается при положении пальцев на середине беговой дорожки, а минимальное – в крайних положениях.

УДК 531.312.1

О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ ИЗЛОЖЕНИЯ СИЛ ИНЕРЦИИ

А. А. СИДОРОВИЧ

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

Витебский государственный технологический университет

Витебск, Беларусь

Рассмотрим некоторые вопросы изложения сил инерции. Установлено, что сила инерции является реальной силой, представляющей собой противодействие материальной точки изменению её скорости, и приложена к телу, сообщающему данной точке ускорение. Сила инерции приложена к «ускоряющим» телам, т. е. к телам, которые сообщают точке ускорения. Даламберова сила инерции, приложенная к материальной точке, является фиктивной силой и реальной силой по отношению, например, к валу или нити. Понятие «сила инерции» нельзя отождествлять с понятием «инерция».

В опубликованной в порядке обсуждения работе [1] рассмотрено вращение камня на веревке. Отмечено, действует ли реально центробежная сила на камень. Если и действует какая-либо сила, то только через веревку, находящуюся с камнем в контакте (силами тяжести и сопротивлением воздуха пренебрегаем). Никакие «центробежные силы» на реально движущийся камень не действуют. Если, конечно, не применим принцип Даламбера и не остановим мысленно камень, мысленно же приложив фиктивные силы инерции [1]. Отчего же рвётся веревка (нить) при ее вращении? Автор работы [1] дает следующее обоснование. Оттого, что каждая материальная точка, если она обладает скоростью, т. е. движется, то стремится из-за свойства инерции двигаться равномерно и прямолинейно. Она растягивает, разрывает всё, что мешает ей это сделать, – в данном случае веревку. Об этом сказано в трактате И. Ньютона «Математические начала натуральной философии» [1].

Сила инерции материальной точки является реальной силой и приложена к телу, сообщающему этой точке ускорение. Её необходимо учитывать при прочностных расчетах динамических реакций машин и механизмов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гулиа, Н. В. Правильно трактовать явление инерции / Н. В. Гулиа // Вестн. высшей школы. – Москва: Высшая школа, 1983. – № 5. – С. 77–79.

УДК 631.35
ХОДОВАЯ ЧАСТЬ МОБИЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА

А. С. ШАНТЫКО, С. С. ЧЕПЕЛЕВИЧ

Научный руководитель Д. А. ДУБОВИК, д-р техн. наук, доц.
Объединённый институт машиностроения НАН Беларуси
Минск, Беларусь

Для увеличения производительности, времени непрерывной работы и коэффициента использования сельскохозяйственной техники ведущие производители повышают ее энергонасыщенность и универсальность [1].

Повышение мощности силовых установок сельхозтехники сопровождается обострением конкуренции колесных и гусеничных движителей. С появлением новых конкурентоспособных решений по резиномаркированным гусеницам началось производство гусеничной техники нового технического уровня, близко унифицированной с колесными моделями аналогичной мощности [2].

Реализация колесным движителем возрастающей мощности свыше 500 л. с., помимо сдвигания колес на одной оси, требует поиска новых компоновочных решений. Компания Fendt в своей концептуальной разработке TRISIX Varjo предложила трехосную компоновку колесного трактора. Шесть идущих по одной колее одинаковых шин 650/65 R38 на колесах трех ведущих мостов увеличивают контактную площадь опоры примерно на 70 % по сравнению с двухосными тракторами [2]. Компания DEUTZ-FAHR в концептуальной модели DEUTZ-FAHR Agro XXL применила четырехосную компоновку с колесами одинакового диаметра, расположенными по базе в одной колее равномерно по передней и задней секциям [3].

Мобильное энергетическое средство (МЭС) производства ОАО «Гомсельмаш» выполнено двухосным с широкопрофильными шинами на колесах задней оси и сдвоенными колесами на переднем управляемом мосту.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современные тенденции сельхозтракторостроения / П. А. Амельченко [и др.] // Весн. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2018. – Т. 63, № 1. – С. 76–92.
2. Основные тенденции развития современного сельскохозяйственного тракторостроения / П. А. Амельченко [и др.] // Наука, образование и производство в XXI веке. Современные тенденции развития: материалы юбилейн. Междунар. конф. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2016. – С. 157–158.
3. Дубовик, Д. А. Тенденции развития уборочной сельхозтехники / Д. А. Дубовик, Л. Ю. Бакалова, А. С. Шантыко // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности : материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2018. – С. 39.

УДК 631.521

РАССТЕЛИТЕЛЬ ЛЕНТЫ СТЕБЛЕЙ ЛЬНА ЛЬНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

С. Ф. ЮХИМЧУК, С. Н. ЮХИМЧУК

Луцкий национальный технический университет

Луцк, Украина

З. О. ГОШКО

Львовский национальный аграрный университет

Львов, Украина

Для улучшенного качества расстила стеблевой ленты льна комбайнами типа ЛК-4А предлагаем следующую конструкцию расстелителя (рис. 1).

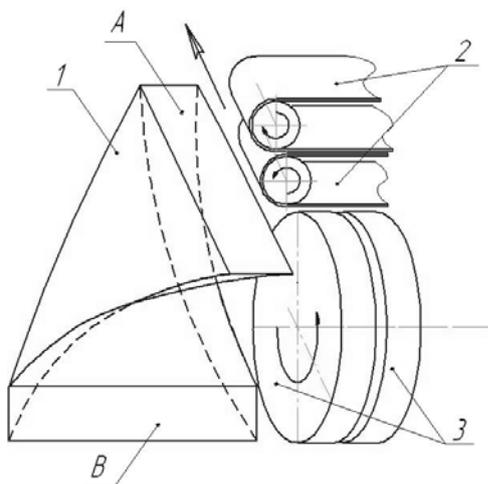


Рис. 1. Расстелитель ленты стеблей льна льноуборочного комбайна: 1 – прямоугольный короб; 2 – зажимной транспортер; 3 – спаренные колеса льноуборочного комбайна

Расстелитель ленты стеблей льна льноуборочного комбайна состоит из прямоугольного короба 1 с верхней А и нижней В горловинами, крепящегося к раме (на рис. 1 не показана) комбайна напротив зажимного транспортера 2 и спаренных колес 3. При этом верхняя и нижняя горловины короба развернуты друг относительно друга на 90° .

Расстелитель ленты стеблей льна работает следующим образом. При движении льнокомбайна обчесанные стебли льна подаются зажимным транспортером 2 в верхнюю А горловину прямоугольного короба 1, где они под действием силы тяжести скользят по внутренним поверхностям этого короба, изменяя направление движения на 90° , и, выпадая из нижней В горловины, расстилаются по полю в виде ленты.

Для лучшего прохождения стеблей и исключения забивания короба предусмотрена возможность соединения его конструкции с вибратором.

Обеспечение предложенной конструкцией расстелителя поворота стеблей на 90° внутри прямоугольного короба позволяет выполнять качественный расстил стеблевой ленты независимо от направления ветра, а также от высоты и густоты стеблестоя и влажности льна.

УДК 666.616; 552.11
 ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЙ ПОРИСТЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ
 ГРАНИТОИДНЫХ ОТСЕВОВ И ОТХОДОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

И. М. АЗАРЕНКО

Научные руководители: Ю. А. КЛИМОШ, канд. техн. наук, доц.;

С. Е. БАРАНЦЕВА, канд. техн. наук, доц.

Белорусский государственный технологический университет
 Минск, Беларусь

В настоящее время для улучшения экологической обстановки в Республике Беларусь актуальной проблемой является утилизация различных отходов промышленности. На основе отходов камнедробления Микашевичского РУПП «Гранит», отходов сталеплавильного производства ОАО «БМЗ» и глины «Лукомль» получен пористый теплоизоляционный материал, который может использоваться в качестве заполнителя легких бетонов. В процессе выплавки стали в дуговых сталеплавильных печах при высоких температурах цинк, железо и другие элементы, присутствующие в шихте, переходят в газовую фазу и далее в больших количествах накапливаются в аппаратах системы газоочистки в виде пыли (ПГУ). Основой служила ранее разработанная сырьевая композиция, в которую вводилась пыль ПГУ. Для формирования пористой структуры использовался карбид кремния (SiC). Обжиг сырцовых гранул (полуфабриката) проводился при максимальной температуре (1185 ± 10) °С.

Основные свойства образцов пористого теплоизоляционного материала в зависимости от содержания пыли приведены на рис. 1.

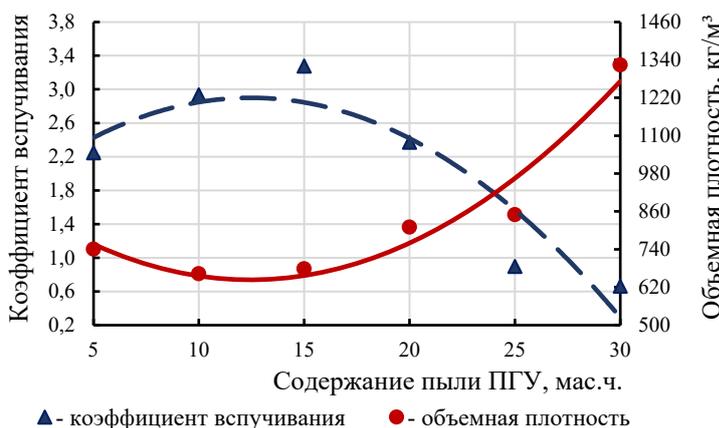


Рис. 1. Влияние добавки пыли на свойства образцов

Установлено, что добавка вводимой в сырьевую композицию пыли в количестве 15...20 мас. ч. обеспечивает коэффициент вспучивания 2,4...3,2, объемную плотность 640...800 кг/м³, что соответствует показателям материалов аналогичного назначения.

Поры в структуре образцов распределены равномерно.

Таким образом, подтверждена целесообразность использования пыли ПГУ в качестве добавки в сырьевую композицию теплоизоляционных пористых материалов, а также экономическая и экологическая эффективность комплексной утилизации двух видов отходов.

УДК 621.74.04
 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
 И ЛЕГИРОВАНИЯ НИКЕЛЕМ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ИЧХ18ВМ

В. М. АНДРИЕНКО, П. Ю. ДУВАЛОВ

Научный руководитель Е. И. МАРУКОВИЧ, акад., д-р техн. наук, проф.
 Институт технологии металлов НАН Беларуси
 Могилев, Беларусь

Существует актуальная задача по повышению ресурса работы деталей из износостойких хромистых чугунов. Одним из важнейших факторов повышения срока службы таких деталей является их термическая обработка (ТО). Как известно, эксплуатационные свойства хромистых чугунов при охлаждении на воздухе повышаются незначительно. Поэтому в шихту вводят элементы, способствующие переохлаждению аустенита, такие как никель, молибден, марганец и др.

С целью изучения износостойкости образцов из чугуна ИЧХ18ВМ проведены исследования их удельного часового износа при разном содержании никеля без ТО образцов и при обработке в двух режимах: закалке при температуре 960 °С и дальнейшем охлаждении на воздухе; закалке при 960 °С, охлаждении на воздухе и отпуске при 240 °С.

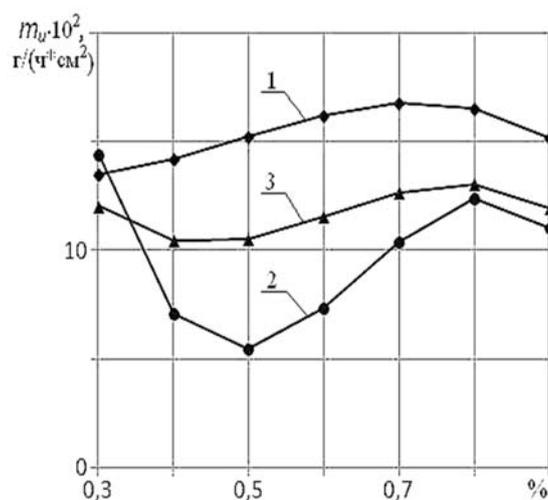


Рис. 1. Влияние процентного содержания Ni на износ литых (1), закаленных (2) и закаленно-отпущенных (3) образцов из ИЧХ18ВМ

Из результатов исследований следует, что наименьший удельный часовой износ 5,5 г/(ч·см²) наблюдается у образцов, легированных Ni в количестве 0,5 % (кривая 2). При этом просто литые образцы в интервале легирования Ni от 0,3 до 0,9 % (кривая 1) имеют износ в районе 15 г/(ч·см²). Образцы после закалки и отпуска имеют средний износ 13 г/(ч·см²) в интервале легирования Ni от 0,3 до 0,9 % (кривая 3).

УДК 621.793
 ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ
 ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА

Е. В. АСТРАШАБ, А. Н. ГРИГОРЧИК
 Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси
 Минск, Беларусь

Газотермическое напыление является производительным и экономичным способом формирования защитных покрытий на поверхностях изделий. Так, в частности, металлизация алюминиевых сплавов на стальные детали позволяет существенно повысить их коррозионную стойкость. Вместе с тем, напыленные газотермические покрытия из алюминиевых сплавов имеют невысокую прочность сцепления с подложкой и низкие физико-механические характеристики. В связи с этим, представляло интерес исследовать влияние термической обработки алюминиевых газотермических покрытий на их прочность сцепления со стальной подложкой.

Напыление газотермических покрытий осуществлялось методом высокоскоростной металлизации на установке АДМ-10. В качестве материала покрытий использовался алюминиевый сплав АД-1. Прочность сцепления напыленного покрытия с основой определялась штифтовым методом.

Результаты исследований прочности сцепления покрытий из алюминиевого сплава АД-1 со стальной подложкой представлены в табл. 1.

Табл. 1. Адгезия алюминиевых покрытий со стальной подложкой

Материал покрытия, обработка	Адгезия, МПа	Среднее значение адгезии, МПа
Покрытие из алюминиевого сплава АД-1, напыленное на стальную подложку из стали 20	35,1	32,2
	35,2	
	30,6	
	27,7	
Покрытие из алюминиевого сплава АД-1, напыленное на стальную подложку из стали 20 + отжиг 700 °С, 20 мин	65,0	59,8
	51,0	
	65,2	
	51,0	
	66,9	

Из представленных результатов (см. табл. 1) можно видеть, что отжиг покрытий из алюминиевого сплава АД-1 при температуре 700 °С в течение 20 мин приводит к существенному увеличению значений адгезии покрытий с основой. В частности, среднее значение адгезии покрытий после напыления составляет 32,2 МПа, а после отжига – 59,8 МПа. Таким образом, непродолжительный высокотемпературный отжиг газотермических покрытий из алюминиевых сплавов является эффективной обработкой для повышения их прочности сцепления со стальной основой.

УДК 691.5

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ
КОМПОЗИЦИОННОГО ВЯЖУЩЕГО

Н. И. БОНДАРЕНКО, Н. В. ШАКУРОВА

Научный руководитель В. А. ДОРОГАНОВ, канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова
Белгород, Россия

Выбор минеральных добавок, которые в цементных бетонах используются как микронаполнители, является очень важной проблемой [1]. Применение стеклопорошка различной дисперсности при затворении водой показало отсутствие вяжущих свойств, для гидратации следует использовать активатор в виде соединения щелочного металла. Гидратация стеклопорошка в щелочной среде проходит с образованием кремниевых кислот, затем с достижением определенных показателей кислотности они превращаются в гель, который при уплотнении способствует омоноличиванию частиц разных размеров и, как следствие, создается долговечный и плотный конгломерат. Для исследования микроструктуры были подготовлены экспериментальные образцы (рис. 1).

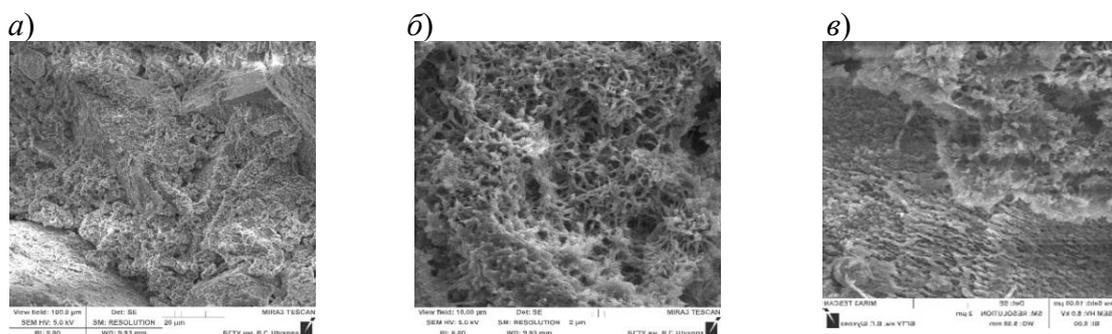


Рис. 1. Микроструктура композиционного вяжущего: *а* – цемент + стеклопорошок без активатора; *б* – цемент + стеклопорошок с активатором; *в* – стеклопорошок + активатор

Заметна неоднородная структура композиционного вяжущего (рис. 1, *а*, *в*), во втором случае это связано с тем, что часть материала не прореагировала с активатором, формирование гидросиликатов кальция игольчатой структуры видно на рис. 1, *б*.

Работа выполнена при поддержке программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В. Г. Шухова.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Модифицирование бетона за счет введения различных видов добавок / Л. Н. Боцман [и др.] // Вестн. БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2016. – № 6. – С. 90–94.

УДК 666.762

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОРТОФЕРРИТА ВИСМУТА
И ПОЛИМЕРА

А. В. БУКА

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

Целью данного исследования является синтез и анализ электрофизических свойств композиционного материала на основе ортоферрита висмута и полимерного материала. В качестве полимерного материала был применён полиамид-6, температура плавления данного полимера составляет 227,9 °С. Ортоферрит висмута синтезирован методом высокотемпературного спекания. Соотношение компонентов в композиции «керамика – полимер» варьировалось от 25 : 75 до 75 : 25 с шагом 25 масс. %.

Сферой применения такого композиционного материала являются: изделия и устройства автоматики, считывающие головки жёстких дисков, генератор фототока и др.

Для исследования электрофизических свойств были подготовлены опытные образцы диаметром 12 мм и высотой 3 мм. Поверхность образцов была механически обработана до состояния поверхности «зеркала». Для определения электросопротивления на контактную часть образцов был нанесён углерод для лучшего контакта с электродами. Образцы помещались в кварцевую трубку, где зажимались между двумя электродами, затем трубка устанавливалась в печь, после чего проводился нагрев до температуры 180 °С, что лимитировалось температурой плавления полимера. На основе полученных данных установлены зависимости логарифма удельного объемного электрического сопротивления опытных образцов от температуры измерения и состава композиции.

С увеличением температуры электросопротивление всех образцов снижается с $10^{10} \dots 10^{12}$ до 10^{-6} Ом·м, что обусловлено повышением подвижности носителей зарядов. Следует отметить, что удельное электросопротивление образцов снижается при увеличении в составе композиции ортоферрита висмута, при этом более четко выражен экстремум на температурной кривой ($\rho_v - T$) в области 130...170 °С, что обусловлено полупроводниковой природой ортоферрита висмута и наличием T_k , при которой происходят его структурные превращения.

УДК 691.175

ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ ВЫДЕРЖКИ В АЦЕТОНОВОЙ БАНЕ ПЛАСТИКА ABS НА ПРОФИЛЬ ПОВЕРХНОСТИ ИЗДЕЛИЙ

А. В. ВАСЕНИЧЕВА

Научный руководитель Д. И. ЯКУБОВИЧ, канд. техн. наук, доц.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

При работе механизмов с зубчатыми передачами необходимо решать вопросы по устранению шума и перегрева, а также предотвращению преждевременного износа. Для их решения легконагруженные передачи изготавливают из полимерных материалов. Износ таких изделий зависит, в первую очередь, от профиля поверхности.

Цель эксперимента – установить закономерность изменения профиля поверхности изделий из пластика от времени выдержки в ацетоновой бане.

Из открытых источников сети Интернет была получена информация о времени выдержки до 5...6 ч, исходя из чего было принято решение о нахождении образцов в эксикаторе до 7 ч.

Образцы печатались на 3D-принтере модели VShaper PRO в виде пластин размерами 20 × 10 × 5 мм из проволоки ABS с качеством поверхности и внутренним заполнением 100 % и помещались в стеклянный эксикатор объемом 3 л на керамическую вставку. На дне эксикатора располагалась хлопчатобумажная ветошь, пропитанная ацетоном.

До извлечения образцов каждые 1,5 ч проводился их визуальный осмотр непосредственно в эксикаторе. При проведении первого осмотра установлено, что края всех образцов стали прозрачными на глубину до 1 мм от края. Габаритные размеры не изменились. По истечении трех часов выявлено, что края образцов сгладились, углы стали менее острыми. После четырех с половиной часов выдержки обнаружено, что поверхность образцов стала гладкой, углы стали округлыми. Образцы частично оплавившись и местами оплыли на подложку до 0,5 мм. После шести и семи с половиной часов выдержки на образцах отчетливо видны еще более скруглившиеся углы, оплавление увеличилось до 1 мм, средняя часть провисла под собственным весом, что хорошо прослеживается визуально. Под поверхностью всех образцов выявлено большое количество пузырьков размерами до 1 мм.

В результате исследований установлено, что оптимальным временем выдержки пластика ABS в ацетоновой бане является 3 ч, по истечении которого появляется гладкий профиль поверхности. Превышение четырех с половиной и более часов происходит существенное изменение профиля поверхности и геометрических размеров с появлением дефектов на поверхности изделия, что негативно будет сказываться на величину шума и нагрева изделий, а также приведет к преждевременному износу.

УДК 691.175
СНИЖЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ
ИЗДЕЛИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ НА ПРИНТЕРЕ VShaper PRO

А. В. ВАСЕНИЧЕВА

Научный руководитель Д. И. ЯКУБОВИЧ, канд. техн. наук, доц.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Эффективная работа большинства механизмов требует низкой шероховатости поверхности изделий для предотвращения преждевременного износа изделий, изготовленных из полимерных материалов.

Целью эксперимента было снижение шероховатости поверхности образцов из пластика ABS, напечатанных на принтере VShaper PRO, в ацетоновой бане.

Для проведения эксперимента были напечатаны шесть образцов размерами $20 \times 20 \times 5$ мм с качеством поверхности и внутренним заполнением при печати 100 %. Два образца были выбраны в качестве эталонных и обработке не подвергались. Четыре образца помещались в стеклянный эксикатор на керамическую вставку, на дне находилась хлопчатобумажная ветошь, пропитанная ацетоном.

При визуальном осмотре и на микроскопе ЛабoМет-1 эталонных образцов было выявлено, что поверхность после печати неровная, имеет выступы до 0,2 мм.

Первый образец извлекался из эксикатора через 2,5 ч. Остальные образцы извлекались с интервалом в 30 мин. При визуальном анализе первого образца видимых изменений не обнаружено, при осмотре на микроскопе установлено, что неровности поверхности частично сглажены. При визуальном осмотре второго образца замечено, что поверхность стала более гладкой, а при осмотре на микроскопе видно, что следы после печати сгладились, линии после печати почти полностью соединились. При изучении третьего образца под микроскопом было выявлено, что поверхность стала ровной, следы от печати на принтере практически не заметны и на поверхности начали появляться пузырьки и пустоты. Анализ четвертого образца показал увеличение количества пузырей и пустот, что приводит к ухудшению шероховатости поверхности и является браком.

Таким образом, для снижения шероховатости поверхности изделий из пластика ABS достаточно выдерживать их в ацетоновой бане от 3 до 3,5 ч. Более длительное время нахождения образцов в эксикаторе приводит к образованию поверхностных дефектов.

УДК 628.316.12:661.635.11

СОРБЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ФОСФАТОВ

А. С. ВАСИЛЕВСКИЙ

Научный руководитель И. В. ВОЙТОВ, д-р техн. наук, проф.
Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

Фосфор является жизненно важным элементом для растений и водорослей, однако сброс недостаточно очищенных фосфорсодержащих сточных вод оказывает негативное влияние как на местные водоемы, так и на экосистемы стран и регионов. Последующее эвтрофирование водных объектов приводит к необратимым изменениям водных экосистем. При правильном извлечении фосфора из сточных вод он становится скорее полезным материально-сырьевым ресурсом, чем загрязнителем.

Среди методов очистки сточных вод от фосфатов выделяются биологический, коагуляционный и сорбционный методы. Использование первых двух приводит к образованию больших объемов осадков, с невозможностью повторного использования извлеченного фосфора. Применение же сорбционного метода позволяет улавливать фосфор в форме, пригодной для дальнейшего использования. Среди сорбентов выделяются полученные из природных минералов, содержащих в своем составе Fe, Al, Ca и Mg. Природные кремнеземистые и карбонатные породы соответствуют этому требованию и характеризуются низкой исходной стоимостью и простотой перевода их в активное состояние.

Цель работы – исследование и оценка возможности получения сорбционных материалов для очистки сточных вод от фосфатов из природного сырья Республики Беларусь. Для этого в работе провели исследование возможности получения сорбционного материала на основе трепела и доломита. В полученных при температурах 650...900 °С материалах определялась их максимальная сорбционная емкость, удельная поверхность полученных материалов, удельный объем пор.

Предварительная оценка эффективности использования материалов проводилась путем исследования кинетики извлечения фосфатов полученными материалами.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о возможности использования синтезированных материалов для очистки сточных вод от фосфатов. Химический анализ отработанных материалов позволяет рассчитывать на их эффективное повторное использование в качестве фосфорсодержащего удобрения, что решает вопрос возврата фосфора в производственный цикл.

УДК 666.762.2, 666.192.2
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ
ОБЖИГА НА ПРОЧНОСТЬ КВАРЦЕВОЙ КЕРАМИКИ

Н. Н. ГУНДИЛОВИЧ, М. В. ГОЛУБЕВА

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

Развитие технологии огнеупорных изделий неразрывно связано с внедрением наукоемких технологий и разработкой новых видов продукции в металлургии, машиностроении, энергетике и промышленности строительных материалов. Рост промышленности в XXI в. обусловил необходимость совершенствования существующих и создания новых огнеупорных изделий, удовлетворяющих повышенным требованиям к их эксплуатационным характеристикам.

Среди огнеупорных материалов, отвечающих высоким требованиям современной промышленности, особый интерес исследователей представляет кварцевая керамика, обладающая набором ценных физико-химических свойств: высокой химической устойчивостью, огнеупорностью, электроизоляционными свойствами и термостойкостью 1000...1200 °С (по ГОСТ 11103–2018), что позволяет использовать ее в качестве огнеупорного термостойкого припаса и оснастки теплотехнических установок и агрегатов для производства глазурей и фритт на предприятиях керамики.

В работе изучено влияние фракционного состава кварцевого стекла и температурно-временных параметров на механическую прочность кварцевой керамики для огнеупорного припаса.

В качестве сырьевых материалов для изготовления опытных образцов кварцевой керамики было использовано кварцевое стекло марки С5-1 (ТУ 11-ТХ0.027.008–90), в качестве связующего использовался полифенилсилоксан. Изготовление образцов производилось методом полусухого прессования из пресс-порошков; температура обжига – 1150...1250 °С, время выдержки 1...3 ч.

Установлена зависимость физико-механических свойств кварцевой керамики для получения огнеупорного припаса от структуры и фазового состава материала, обусловленных режимом термообработки и гранулометрией кварцевого стекла, заключающаяся в увеличении механической прочности при сжатии от 5,9 до 11,23 МПа при снижении открытой пористости от 22,28 до 9,57 %.

Материалы, полученные на основе разработанных сырьевых композиций и технологических параметров, обладали высокими физико-химическими свойствами: прочность при сжатии – 4,0...8,8 МПа; плотность, – 1250...1780 кг/м³; удельная теплоемкость – 0,71...2,62 кДж/(кг·К); термостойкость – 1000...1300 °С; открытая пористость – 18...43 %.

УДК 621.762

МОДИФИЦИРОВАНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ БРОНЗ

В. С. ДЕМЬЯНКОВ, А. И. РОМАНОВСКИЙ

Научный руководитель И. А. ЛОЗИКОВ, канд. техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Алюминиевые бронзы, как двойные (БрА5, БрА7), так и дополнительно легированные Fe, Ni, Mn и другими элементами (БрАЖ 9-4, БрАЖН 10-4-4), нашли широкое применение в машиностроении. Они обладают хорошими литейными свойствами, легко обрабатываются резанием и давлением как в горячем, так и в холодном состоянии, являясь при этом коррозионно-стойкими и антифрикционными сплавами. Данная группа конструкционных материалов применяется для изготовления различных втулок, шестерен, фланцев, направляющих седел и других ответственных деталей, работающих как в обычных, так и в жестких температурно-силовых условиях.

Достаточно высокие характеристики физико-механических свойств алюминиевые бронзы получают после типовой термической обработки, заключающейся в закалке и последующем старении сплавов. В результате термообработки твердость возрастает до 400 НВ, при этом материал сохраняет удовлетворительную пластичность. Но современное машиностроение нуждается в материалах данной группы с еще более высокими значениями твердости, прочности, износостойкости и др., получить которые методами классической металлургии и термической обработки на сегодняшний день не представляется возможным. Повышение физико-механических свойств алюминиевых бронз возможно за счет применения новых прогрессивных методов и технологий получения сплавов, а также совершенствования методов их обработки.

Анализ литературных данных и накопленный опыт показывает перспективность применения для решения вышеуказанных задач наноструктурных механически сплавленных модифицирующих лигатур, получаемых методом реакционного механического легирования. Результаты предыдущих работ, связанные с модифицированием хромовых бронз, оловянистых бронз, сплавов на алюминиевой и железной основе однозначно показывают возможность повышения их как физико-механических, так и эксплуатационных свойств. Поэтому проводимые исследования будут направлены на разработку технологии получения и изучение структуры и свойств экспериментальных модифицированных наноструктурной лигатурой алюминиевых бронз на всех этапах их производства.

УДК 666.221.4:669.85/.86
ЛЮМИНЕСЦИРУЮЩИЕ СЛОЖНООКСИДНЫЕ И ОКСИФТОРИДНЫЕ
ОПТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, АКТИВИРОВАННЫЕ ИОНАМИ
РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Б. П. ЖИХ, И. Н. ДОВНАР

Научный руководитель Е. Е. ТРУСОВА, канд. техн. наук
Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

Люминесценция в материалах с редкоземельными элементами представляет большой интерес из-за их широкого применения в оптоэлектронике и лазерной технике. В настоящее время люминесцирующие материалы производят в виде монокристаллов, наночастиц или нанопорошков, стекла, керамики или стеклокерамики. Разработка новых типов люминесцирующих материалов позволит оптимизировать конверсионную люминесценцию и повысить оптическое качество излучения применительно для оптоэлектроники и лазерного приборостроения. Кроме того, различная комбинация редкоземельных элементов позволяет расширить практический потенциал применения таких материалов.

В работе представлены сложнооксидные материалы на основе цирконатов лантана и церия, а также оксифторидные стеклокерамики, активированные ионами редкоземельных элементов, отличающиеся высокой интенсивностью up- и down-конверсионной люминесценции и длительным послесвечением. Использование различных составов исходных матриц, а также варьирование комбинациями и концентрациями ионов-активаторов в них обеспечивает эффективное преобразование ИК- (~980 нм) и УФ-излучений в видимую область спектра, а также позволяют получить стекломатериалы с длительным послесвечением люминесценции при возбуждении УФ и видимым светом. Использование различных методов синтеза данных материалов (золь-гель технология, стекловарение, термообработка), а также их комбинаций позволило получить люминесцирующие материалы в виде нано- и ультрадисперсных порошков, керамики и стеклокерамики, а также широко варьировать их структуру и свойства.

Разработанные сложнооксидные и оксифторидные оптические материалы, активированные ионами редкоземельных элементов, перспективны в качестве визуализаторов ИК-излучения, многоцветных люминофоров и лазерных активных сред. Стеклокерамика с высокой интенсивностью послесвечения может быть использована в качестве элемента краски дорожной разметки для подсветки в темное время суток.

УДК 621.9.048
ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ РОЛИКА ПРИВАЛКОВОЙ АРМАТУРЫ
ПРОКАТНОГО СТАНА ЭЛЕКТРОИСКРОВЫМ ЛЕГИРОВАНИЕМ

Р. Р. КАРИМОВ, А. А. ВЛАДИМИРОВ

Научный руководитель А. В. МАКАРОВ, канд. техн. наук, доц.
Старооскольский технологический институт им. А. А. Угарова (филиал)
Национального исследовательского технологического
университета «МИСиС»
Старый Оскол, Россия

Направляющие ролики прокатной клетки подвержены повышенному износу. Этому способствуют высокая температура проката, высокая скорость прокатки и значительная нагрузка на ролики.

Таким образом, детали подвергаются одновременно нескольким видам износа – абразивному, адгезионному, тепловому.

В ремонтных подразделениях ОЭМК данные ролики изготавливают из стали марки ШХ15 по ГОСТ 801–78.

Разработанный в НИТУ «МИСиС» технологический процесс упрочнения калибров прокатных валков СВС-электродными материалами СТИМ был в 2013–2014 гг. апробирован на прокатных валках чистой клетки № 24 (диаметр валков 376,5 мм) в условиях АО «Оскольский электрометаллургический комбинат».

В результате промышленных испытаний установлено, что износостойкость упрочненных калибров в 8 раз выше стойкости неупрочненных калибров.

Цель исследования – изучение перспектив применения СВС-электродных материалов для повышения эксплуатационных характеристик направляющих роликов привалковой арматуры.

Для формирования покрытий использовалась установка ALIER-METAL G-53 и электроды СТИМ-11 ($\text{TiB}_2\text{-NiAl}$) и СТИМ-40НА (TiC-NiAl).

Испытания на стойкость к абразивному износу были проведены на установке, работающей по методу Бринелля-Ховарта при нагрузке на образец $Q = 30$ Н, окружной скорости колеса $V_{\text{окр}} = 28$ м/мин, времени испытания $t = 5$ мин. Абразивный материал – просушенный карьерный сеяный песок, зернистость 0,2...0,5 мм. Смазочная среда отсутствовала.

Применение электроискровых покрытий позволяет увеличить стойкость к абразивному износу на 17...22 %. Целесообразно проводить дальнейшие исследования данного способа для более глубокого изучения влияния на износостойкость поверхности материала электрода, частотно-энергетических режимов нанесения покрытия, наличия подложки, режимов финишной обработки поверхности и других факторов для разработки рационального технологического процесса.

УДК 669.71

ПОЛУЧЕНИЕ АЛЮМИНИЕВОГО ПРУТКА МЕТОДОМ
НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ВВЕРХ

А. М. КОВАЛЁВ

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

Институт технологии металлов НАН Беларуси

Могилев, Беларусь

Непрерывное литье цветных металлов вверх одно из прогрессивных направлений металлургической отрасли. Суть метода заключается в размещении кристаллизатора над зеркалом расплава с его частичным погружением в расплав на заданную рабочую глубину. Непрерывное литье вверх имеет ряд преимуществ по сравнению с другими видами непрерывного литья. В первую очередь, метод позволяет получать литые заготовки, используя только стандартное плавильное оборудование. В этом процессе не используются дополнительные промежуточные емкости и миксеры. Процесс непрерывного литья вверх широко используется в производстве длинномерных заготовок из меди и ее сплавов.

В последние годы наблюдается тенденция к увеличению спроса на алюминиевую проволоку для промышленных целей. Наиболее распространённые методы производства алюминиевой проволоки – экструзия и волочение крупных литых заготовок. Такая технология требует применения значительных деформаций материала в процессе производства конечного продукта. Это, в свою очередь, влечёт за собой необходимость в промежуточных операциях рекристаллизационного отжига, что существенно удорожает производство проволоки. Метод непрерывного литья вверх чистого алюминия пока не нашёл широкого распространения, поскольку не выяснено, как теплофизические параметры алюминия влияют на производительность, стабильность непрерывного литья вверх и на механические свойства алюминиевой проволоки.

Для исследования процессов формирования непрерывнолитой заготовки из алюминия методом литья вверх в ИТМ НАН Беларуси создана экспериментальная установка. В ходе проведения экспериментов использовался расплав чистого алюминия с защитой зеркала расплава рафинирующе-покрывным флюсом. В результате проведённых опытов получена максимальная скорость литья, достигающая 1290 мм/мин для прутка толщиной 9,5 мм. Поверхность заготовки, полученной при максимальной скорости, гладкая без видимых дефектов.

УДК 677.027-947
ОЦЕНКА ПРИВЕСА ОТВАРЕННОЙ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ТКАНИ
ПОСЛЕ ПРОПИТКИ ВОДНОЙ ДИСПЕРСИЕЙ СТИРОЛ-АКРИЛАТА

Т. С. КОЗОДОЙ

Научный руководитель Н. Н. ЯСИНСКАЯ, канд. техн. наук, доц.
Витебский государственный технологический университет
Витебск, Беларусь

Качество готового материала зависит от полноты и равномерности пропитки. Интересным является использование ультразвуковой обработки водных дисперсий полимеров, используемых для придания текстильным материалам улучшенных потребительских и специальных свойств на стадии заключительной отделки.

Объектом исследований выбрана отваренная хлопчатобумажная ткань, характеристики которой представлены в табл. 1. Пропитка осуществлялась предварительно озвученной в течение 5, 15 и 60 мин дисперсией стирол-акрилата Аппретана № 9616, используемой в текстильной промышленности для придания материалам жесткого грифа с водоотталкивающим эффектом.

Хлопчатобумажная ткань полотняного переплетения имеет большой привес после пропитки и сушки (рис. 1). Количество адсорбированной дисперсной фазы увеличивается при подготовке аппрета в среде ультразвука. При продолжительности озвучивания дисперсии 60 мин достигается максимальный привес обоих образцов.

Табл. 1. Характеристика хлопчатобумажной ткани

Показатель	Значение	
Поверхностная плотность, г/м ²	139	250
Вид сырья	100-процентный хлопок	
Переплетение	Полотняное	Рогожка 2/2

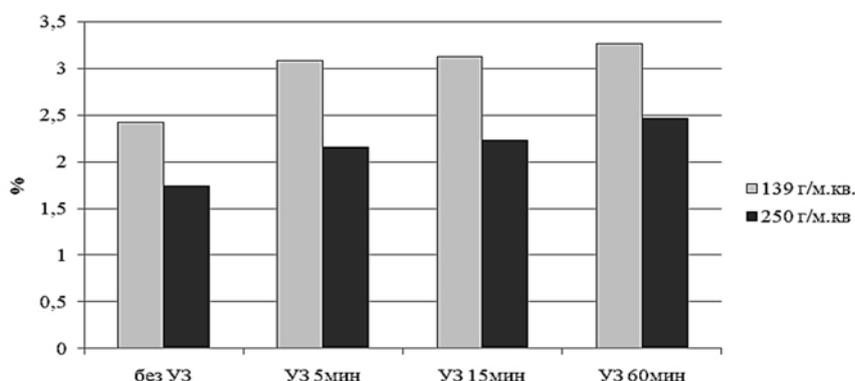


Рис. 1. Оценка привеса хлопчатобумажной ткани после пропитки

УДК 666.295.6

ДЕКОРАТИВНЫЕ ПОКРЫТИЯ КРАКЛЕ ДЛЯ МАЙОЛИКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Е. А. КОСТИК, И. А. ЛЕВИЦКИЙ

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

Разработка высокодекоративных покрытий кракле для изделий художественной керамики и технологии их применения является важной и актуальной задачей.

Для приготовления глазурной суспензии использовались следующие сырьевые материалы: фритты прозрачной № 189 и 2П, глушеной глазури 5Н, глина «Веско-Гранитик», глинозем, диоксид титана, бой отработанных гипсовых форм, глинозем, каолин просяновский, цинковые белила и др. Глазурный шликер готовился совместным помолом составляющих по мокрому способу в микрошаровой мельнице, при этом влажность шликера составляла 42...44 %. Затем на майоликовый черепок, прошедший утильный обжиг при температуре 1050 °С, водопоглощение которого составляло 16 %, наносили глазурный шликер методом полива. Полученные образцы высушивали при комнатной температуре до влажности не более 2 %. Обжиг изделий производили в электрической печи при температуре (1000 ± 5) °С с выдержкой при максимальной температуре 1 ч.

Характер поверхности полученных покрытий приведен на рис. 1.



Рис. 1. Синтезированные глазурные покрытия кракле

Глазури имеют матовую фактуру с хорошим разливом. Большинство покрытий характеризуются эффектом сборки в виде крупной сетки трещин. Цвет покрытий – белый, кремовый.

Показатели значения белизны глазурных покрытий находятся в пределах 67...82 %, блеск – 45...65 %, значения ТКЛР составляют $(35,00...54,20) \cdot 10^{-7} \text{ К}^{-1}$.

УДК 621.771
МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВОЙ ПРОВОЛОКИ,
ДЕФОРМИРОВАННОЙ МЕТОДОМ «ПРЕССОВАНИЕ – ВОЛОЧЕНИЕ»

Д. Н. ЛАВРИНЮК

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

Карагандинский индустриальный университет

Темиртау, Казахстан

Введение высокой плотности дислокаций в алюминиевую проволоку при деформировании приводит к увеличению ее упрочнения, но чаще всего при этом происходит снижение ее пластических свойств. Материалы могут быть прочными или пластичными, но редко обладают высоким уровнем свойств одновременно. Формирование ультрамелкозернистой структуры при деформировании методом «прессование – волочение» обеспечивает высокую прочность алюминия за счет уменьшения размера зерна в соответствии с зависимостью Холла-Петча.

Так, значения пределов прочности и текучести увеличиваются за три цикла деформирования с 271 до 503 МПа (абсолютный прирост составляет 232 МПа) и с 223 до 352 МПа (абсолютный прирост составляет 129 МПа) соответственно для обычного волочения. При деформировании методом «прессование – волочение» пределы прочности и текучести увеличиваются с 271 до 557 МПа (абсолютный прирост составляет 286 МПа) и с 223 до 492 МПа (абсолютный прирост составляет 269 МПа) соответственно.

Сравнение значений предела текучести и предела прочности показывает, что после деформирования методом «прессование – волочение» значения заметно ближе, чем после обычного волочения, что косвенно свидетельствует о меньшей способности к деформационному упрочнению.

Снижение пластических характеристик же весьма равномерное и пологое. К последним циклам деформирования относительное удлинение уменьшается с 36 до 19 % при деформировании обычным волочением и до 22 % при деформировании методом «прессование – волочение». Падение значений относительного сужения также происходит весьма плавно: с 50 до 26 % к третьему циклу деформирования при деформировании методом обычного волочения и до 32 % при деформировании методом «прессование – волочение». Но значения пластических показателей во втором случае гораздо выше, что говорит об эффективности совмещенной технологии «прессование – волочение».

УДК 621.774

ВЛИЯНИЕ РАДИАЛЬНО-СДВИГОВОЙ ПРОКАТКИ НА МИКРОТВЕРДОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕДИ

Г. В. ЛЫМАРЬ

Научный руководитель С. Н. ЛЕЖНЕВ, канд. техн. наук, доц.
Рудненский индустриальный институт
Рудный, Казахстан

Способ радиально-сдвиговой прокатки отличается от обычной винтовой прокатки, применяющейся, например, при прошивке труб тем, что в данном случае реализуется прокатка сплошного прутка по трехвалковой схеме с большими значениями углов подачи (порядка 18...22°). Суть данного процесса прокатки в глубокой проработке структуры прокатываемого металла за счет реализации интенсивных сдвиговых немонотонных деформаций, а также высокой степени турбулентности движения металла при благоприятном напряженно-деформированном состоянии. Но в то же время в осевой части заготовки преобладает ламинарное течение металла, а следовательно, и формируется другой тип структуры. Данный способ прокатки чаще всего используется для получения длинномерных цилиндрических заготовок из цветных и черных металлов и сплавов с ультрамелкозернистой структурой.

Цель работы – экспериментальное исследование влияния радиально-сдвиговой прокатки на изменение микротвердости технической меди. Эксперимент проводился на стане радиально-сдвиговой прокатки СВП-08. Для исследований использовали прутки диаметром 35 мм и длиной 300 мм. Температура прокатки – 480 °С. Прутки за несколько проходов последовательно прокатывались до диаметра 15 мм, после чего они охлаждались водой. На микротвердомере FHT-1000 было исследовано изменение микротвердости по Виккерсу (HV) по радиусу заготовки. Измерение проводилось через каждые 2 мм. Каждая точка измерений была дублирована 3 раза, данные усреднены.

Анализ результатов измерения микротвердости меди после радиально-сдвиговой прокатки с диаметра 35 мм до диаметра 15 мм показал ее повышение почти в 2,5 раза (с 66,8 до 157...169,4 HV). При этом в центральной части заготовки имеется некоторое снижение микротвердости в пределах 10 %. Это согласуется с теоретическими положениями по радиально-сдвиговой прокатке, согласно которым в осевой зоне заготовки преобладает ламинарное течение металла, сходное с таковым при продольной прокатке или прессовании, следовательно, осевая зона имеет отличную от периферийной зоны структуру. Это связано с тем, что в периферийной зоне наблюдается более высокая турбулентность деформации и выше эквивалентная степень деформации.

УДК 631.824:658.567.1

ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
ДОБЫЧИ СКАНДИЯ ИЗ ДИОПСИДА

З. К. МИСКИЧЕКОВА, А. Д. ЗАЙЦЕВА, Е. Н. КУЗИН,
Н. Е. КРУЧИНИНА, С. С. ГАЛАКТИОНОВ, А. Н. КРАСНОЩЕКОВ
Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева
Москва, Россия

Рост инновационных производств вызывает необходимость разработки новых технологий получения скандия как одного из наиболее востребованных легирующих элементов. Перспективным источником скандия может стать диопсид ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$), содержание скандия в котором может достигать 100...120 г/т). Одним из возможных методов извлечения скандия из диопсида является его сернокислотное вскрытие с последующей жидкостной экстракцией Sc из раствора различными фосфорорганическими экстрагентами с последующей утилизацией рафината посредством его нейтрализации известью. Подобная технология успешно применяется для других видов сырья, однако она не экологична (грязный гипс) и не безопасна (ЛВЖ-растворители), а стоимость получаемого скандия весьма высока.

Согласно ранее проведенным исследованиям [1], было доказано, что замена жидкостной экстракции на твердые экстрагенты (ТВЭКС) позволяет значительно повысить экологичность производства и снизить стоимость процесса, а использование в качестве реэкстрагента смеси солей сульфата аммония и бифторида аммония позволяют с высокой степенью (до 90 %) реэкстрагировать соединения скандия с последующим осаждением и получением черного скандиевого концентрата. Рафинат после экстракции представляет собой 20-процентные растворы серной кислоты, которые содержат Al и Fe до 5...10 г/л, титана – до 1 г/л и магния – до 15 г/л. Ранее была установлена возможность нейтрализации рафината с получением крупнотоннажного продукта – сульфата магния (минеральное удобрение). Для нейтрализации рафината использовали техногенный отход производства огнеупоров (брусит). Кроме того, была доказана возможность получения ряда наполнителей и красителей для предприятий строительной индустрии.

Предлагаемая схема переработки диопсида позволит отказаться от использования горючих растворителей, а также значительно снизить объемы образующихся отходов, что скажется на себестоимости производимого скандия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка возможности использования твердых экстрагентов на основе Д2ЭГФК/ТБФ в процессах извлечения скандия из сернокислотных растворов переработки диопсида / Е. Н. Кузин [и др.] // Вестн. Казан. техн. ун-та. – 2020. – Т. 23, № 1. – С. 64–68.

УДК 621.9
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ
ИЗДЕЛИЙ, ПОЛУЧАЕМЫХ АДДИТИВНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

А. С. ОЛЕНЦЕВИЧ¹, Ю. В. СЕЛИВАНОВА²

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

¹Белорусско-Российский университет

²Могилевский государственный политехнический колледж

Могилев, Беларусь

Типичной для сплавов на основе железа, никеля, титана, полученных методами аддитивных технологий (АТ), является ярко выраженная дендритная структура. Формирование такого типа структуры может способствовать образованию трещин в материалах в процессе изготовления изделия. Помимо этого, образующиеся сильно вытянутые зерна, не редко, проходящие через все тело детали, отличаются большим размером, а изделия характеризуются сильной анизотропией механических свойств. Прочность на растяжение и пластичность в таких изделиях значительно снижаются в направлении, перпендикулярном столбчатым зернам.

Формирование структуры с равноосными зернами устраняет образование трещин в изделиях и значительно повышает их механические свойства. Прочность и пластичность во взаимно перпендикулярных направлениях выравнивается.

Предотвращению направленной кристаллизации в изделиях, получаемых методами АТ, уделяется большое внимание, однако до настоящего времени полностью устранить данное явление удается не всегда.

Образование дендритной структуры обусловлено многими факторами, среди которых следует отметить условия получения изделия, применяемую технологию изготовления, свойства и химический состав исходного материала, структуру металла основания, на котором формируется объект. Последний фактор обусловлен эпитаксиальным ростом зерен. В этом случае образующаяся структура в значительной степени наследует структуру подложки, на которой формируется деталь. Исходя из этого, можно заключить, что управляя структурой подложки или начального слоя изготавливаемого объекта, можно влиять на структуру в целом. Так, одним из путей измельчения зерна является неполное расплавление частиц наплавленного порошка. Это позволяет получить мелкозернистый слой, являющийся основой для дальнейшего формирования изделия.

Таким образом, влияние структуры поверхностного слоя подложки, на которой в последующем будет создаваться деталь, является одним из важнейших параметров, требующих тщательного и всестороннего исследования.

УДК 621.771

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ТИТАНА
ПОСЛЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ КРУЧЕНИЕМ
ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ

В. Е. ПИЩИКОВ

Научный руководитель И. Е. ВОЛОКИТИНА, канд. техн. наук, доц.
Рудненский индустриальный институт
Рудный, Казахстан

В исходном горячекатаном состоянии сплав титана марки ВТ6 характеризуется однородным крупнозернистым состоянием, средний размер зерен составляет 25 мкм и состоит из ламеллярной $\alpha + \beta$ структуры и зерен первичной α -фазы размером порядка 7 мкм, объемная доля которых составляла около 25 %. Объемная доля зерен первичной α -фазы – 72 %.

После закалки в структуре сплава ВТ6 было зафиксировано 65 % зерен первичной α -фазы со средним размером 6 мкм. Средний размер зерна незначительно увеличился с 25 до 30 мкм.

При больших увеличениях изображений, полученных растровой электронной микроскопией в условиях обратно отраженных электронов, внутризеренные области первичной α -фазы характеризуются различным контрастом. Согласно химическому анализу темные участки обогащены алюминием, а более светлые участки – ванадием. 75 % объема, характеризуется пластинчатой структурой, состоящей из пакетов вторичных α -фазных пластин и остальных β -фазных пластин, расположенных между пластинами и в тройных стыках зерен (светлых участков).

После пяти проходов методом кручения под высоким давлением в центральной области образца титанового сплава формируется неоднородная зеренная структура, в которой присутствуют крупные зерна с большой плотностью малоугловых границ зерен и разорванных большеугловых границ зерен деформационного происхождения. Исследования периферийной области показало, что в периферийной области, что здесь, в отличие от центральной зоны происходит формирование ультрамелкозернистой структуры с высоким уровнем напряжений, характерными для данного метода деформирования при комнатной температуре. Еще одним недостатком малого количества проходов при КВД является её высокая анизотропия структуры – более интенсивное уменьшение размеров зёрен в направлении оси кручения.

Микроструктура после 10 проходов уже сильно измельчена и состоит в основном из одних только деформационных фрагментов и субзерен.

УДК 544.234

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСТРАКТОВ *EVERNIA PRUNASTRI* И *CLADONIA SYLVATICA* ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОЛИМЕРА

Е. Л. ПРИХОДЬКО

Научный руководитель Е. В. ВОРОБЬЕВА, канд. хим. наук, доц.
Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины
Гомель, Беларусь

В работе была изучена антиоксидантная активность экстрактов двух повсеместно распространенных видов лишайников – *Evernia prunastri* и *Cladonia sylvatica* для стабилизации полиэтилена. Известно, что вторичные метаболиты лишайников (по химической структуре фенольные соединения) обладают выраженными антиоксидантными свойствами. В составе *Evernia prunastri* обнаружены полифенолы: эверновая кислота, усниновая кислота, физодовая кислота, атронарин. Вторичные метаболиты *Cladonia sylvatica* имеют другой состав: усниновая кислота, фумарпротоцеттаровая и урсоловая кислоты [1]. Цель работы – изучение антиокислительных свойств экстрактов *Evernia prunastri* и *Cladonia sylvatica* в качестве антиоксидантов для полиэтилена.

В экспериментах использовали порошкообразный полиэтилен (ПЭНД, ГОСТ 16338–85, марка 20308-005), экстракцию вторичных метаболитов *Evernia prunastri* и *Cladonia sylvatic* осуществляли ацетоном в течение суток. Методом термического прессования получали образцы пленок полиэтилена толщиной 100 мкм. Окисление пленок осуществляли при температуре 150 °С на инертных подложках – кристаллах КВг. Степень окисления образцов определяли методом ИК-спектроскопии, по изменению полосы поглощения 1715 см⁻¹. Антиокислительное действие экстрактов определяли по продолжительности индукционного периода окисления (ИПО) образцов полимера. ИПО чистого полиэтилена без добавления антиокислительных веществ составлял 1,5 ч.

Экспериментально установлено, что экстракты лишайников *Evernia prunastri* и *Cladonia sylvatica* характеризуются схожим антиокислительным действием при ингибировании процесса термоокисления полиэтилена, несмотря на различный химический состав вторичных метаболитов. ИПО образцов полиэтилена с экстрактами *Evernia prunastri* и *Cladonia sylvatica* составил 16 и 15 ч соответственно.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. О содержании фенольных соединений в различных видах лишайников Кольского полуострова / Н. В. Загоскина [и др.] // Химия растительного сырья. – 2011. – № 4. – С. 245–249.

УДК 666.651.2
КОРДИЕРИТСОДЕРЖАЮЩАЯ КЕРАМИКА НА ОСНОВЕ РАЗЛИЧНЫХ
ПРИРОДНЫХ МАГНИЙСОДЕРЖАЩИХ КОМПОНЕНТОВ

А. С. САМСОНОВА

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

Керамические изделия, синтезированные на основе системы $MgO-Al_2O_3-SiO_2$, являются достаточно прочными и термостойкими материалами. Перспективность кордиеритовой керамики характеризуется многообразием ее свойств по сравнению с другими типами материалов: высокая термостойкость, доступность сырья, низкая энергоемкость технологии получения, долговечность керамических конструкций в агрессивных средах, возможность получения изделий различными технологическими приемами.

В качестве сырьевых материалов для получения кордиеритсодержащей керамики предлагается использовать следующие компоненты: глина «Керамик-Веско», технический глинозем, тальк онотский, дунит и серпентинит, в качестве добавки – карбонат лития (сверх 100 масс. %). Опытные образцы изготавливали по методу полусухого прессования, керамическая масса измельчалась и усреднялась в планетарной мельнице фирмы Retsch РМ-100 в течение 20 мин. Приготовленная смесь увлажнялась до влажности 6...8 масс. %, затем готовый пресс-порошок вылеживался в течение 1 сут для усреднения по составу и влажности. Опытные образцы в виде цилиндров, высота которых составила 18...20 мм с диаметром 23 мм, прессовались на гидравлическом прессе при давлении 35...40 МПа, после чего подвергались сушке в сушильном шкафу. Обжигались образцы в лабораторной электрической печи в интервале температур 1100...1200 °С с выдержкой при максимальной температуре в течение 1 ч.

Изготовленные образцы оптимального состава обладали следующими характеристиками после обжига при 1200 °С: водопоглощение – 15,5...19,5 %, открытая пористость – 29,9...34,2 %, кажущаяся плотность – 1751...1922 кг/м³, механическая прочность при сжатии – 52,5...67,1 МПа, температурный коэффициент линейного расширения – $(0,12...1,0) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Качественный фазовый состав образцов, обожженных при 1200 °С, представлен в основном кордиеритом и сподуменом, в незначительном количестве присутствуют кварц, шпинель, корунд, муллит, форстерит. Отмечается, что введение литийсодержащей добавки несколько сужает интервал спекания керамических материалов, однако способствует уменьшению температурного коэффициента линейного расширения материалов. В работе показана перспективность использования различных природных магнийсодержащих компонентов, установлены температурные режимы синтеза керамики на их основе.

УДК 620.197.3

«ARIN&M» – ИНГИБИТОР КОРРОЗИИ
МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

М. Р. СОДИКОВА
ЦВРИКТ ВАК
Ташкент, Узбекистан

Проведение исследований и разработка новых технологий (возможно малотоннажных) антикоррозионных материалов, в том числе ингибиторов коррозии и организация их производства остаются актуальными и по сегодняшний день.

Ускоренное внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий производства ингибиторов коррозии, снижение материальных затрат на их производство за счет эффективности использования доступного и вторичного сырья, которая способствует повышению ценовой конкурентоспособности продукции, и продвижение на рынок новых эффективно-доступных видов продукции являются одними из приоритетных направлений и задач.

Предложены способы получения ингибирующих композиций «ARIN&M», способных обладать защитным эффектом, с использованием ряда доступных реагентов. Взаимодействия фосфорной кислоты и карбамида в присутствии ряда доступных солей молибдена, а также ВМС – СГ и ПТ – в результате реакции образуется стеклообразный полимерный продукт, растворимый в воде и обладающий ингибирующим действием. Карбамид и фосфорная кислота, а также ВМС – СГ и ПТ – являются доступными, достаточно дешевыми, многотоннажными продуктами.

«ARIN&M» как ингибитор многоцелевого назначения исследован в качестве ингибитора травления и рекомендован в качестве технологической добавки в кислые травильные растворы для травления металлов.

Выявлено, что наибольшая скорость травления происходит при концентрации серной кислоты 20...25 % и зависит от температуры процесса, однако более хорошие результаты достигаются при травлении в неразбавленной технической серной кислоте при температуре 15...25 °С с введением ингибирующих композиций «ARIN&M» (5...8 г/л).

Применены два метода сравнительных лабораторных испытаний для оценки защитной способности «ARIN&M», применяемых для травления черных металлов в минеральных кислотах (первое (второе) заключается в выдерживании металлических образцов, лишенных (покрытых) окалина и (или) ржавчины, в растворе кислоты, содержащем «ARIN&M» и без него, при определенной температуре и времени):

- 1) с оценкой защитной способности;
- 2) с определением средней удельной массы окалина и оценкой защитной способности.

УДК 622.244
ИССЛЕДОВАНИЕ ИНГИБИРУЮЩИХ КОМПОЗИЦИЙ
ОТ КОРРОЗИИ ДЛЯ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

М. Р. СОДИКОВА¹, Т. С. СОДИКОВ²

¹ЦВРИКТ ВАК

²Узбекнефтегаз

Ташкент, Узбекистан

Оборудование нефтяных скважин и системы нефтегазосбора многих месторождений интенсивно корродируют вследствие соприкосновения с сильноагрессивными технологическими средами, что ведет к большим затратам на ремонт оборудования и нарушению установленных нормативных сроков амортизации.

В настоящее время Узбекистан импортирует отдельные виды ингибиторов коррозии металлов для нефтегазодобывающей отрасли, однако имеются возможности в плане сырьевого источника как доступного первичного, так и вторичного для получения этого вида продукции.

На сегодняшний день предпочтение отдается химической антикоррозионной защите, а именно применению различных ингибиторов коррозии, которые по стандарту ISO 8044 являются «химическими веществами, снижающими скорость коррозии, когда они присутствуют в системе коррозии при соответствующей концентрации, без значительного изменения концентрации любого другого агента коррозии». Применение ингибиторов в нефтяной и газодобывающей промышленности значительно увеличивает срок службы оборудования и трубопроводов, транспортирующих нефть и газ. В настоящее время нефтяная и газодобывающая промышленность является крупнейшим потребителем ингибиторов коррозии.

Изысканы возможности доступного сырьевого источника для создания ингибиторов коррозии:

- карбамид марки «Б» $\text{H}_2\text{N-CO-NH}_2$ производства АО «Махам-Ширчиқ» и «Ферганаазот»;
- утилизированные отходы производства капролактама АО «Махам-Ширчиқ», находящиеся в больших объемах в специальном захоронителе;
- отходы масложирового производства.

Комбинированные ингибиторы коррозии были исследованы на модельных растворах, содержащих $50 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1} \text{ H}_2\text{S}$ в присутствии нефти/газоконденсата, т. е. близких к реальным агрессивным средам.

Так, модельная вода с H_2S (125 мл) + нефть (125 мл) при $C_{\text{инг}} 50 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$, защитное действие составляет (Z, %) 81,6 (20 °C), 78,6 (40 °C), 78,0 (60 °C). Увеличение концентрации ингибитора приводит к возрастанию защитного эффекта St 3 в изучаемых средах и соответствующих температурах.

Ведутся исследования по реализации других вторичных продуктов производств как альтернативного химически ценного сырьевого источника для получения новых видов ингибиторов коррозии, применимых для защиты нефтепромыслового оборудования и сокращения импорта продукции.

УДК 620.193:669:620.197.3

ПРОТИВОКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И КОНСТРУКЦИЙ
ИНГИБИТОРОМ КОРРОЗИИ «ARIN&M»

М. Р. СОДИКОВА¹, Т. С. СОДИКОВ², М. К. АБДУМАВЛЯНОВА³

¹ЦВРИКТ ВАК

²Узбекнефтегаз

³Ташкентский химико-технологический институт
Ташкент, Узбекистан

В настоящее время значительной инженерно-технической проблемой является коррозия конструкционных материалов, металлического оборудования и установок. Ингибиторы – это эффективное, универсальное и экономичное средство в арсенале методов борьбы с коррозией, которое является перспективным средством временной противокоррозионной защиты (консервации) металлических поверхностей различной формы, конструкции и габаритов металлоизделий.

Для защиты от атмосферной коррозии металлических поверхностей и конструкций разработан ингибитор коррозии «ARIN&M», который представляет собой олигомерное соединение, имеющее дополнительно вторичные полимеры как пленкообразующие вещества, улучшающие защитные свойства металла от агрессивной среды.

Разработан ингибитор коррозии «ARIN&M» многоцелевого назначения, который может быть применен в двух направлениях для обеспечения наружной и внутренней защиты стали и различных сплавов, а также стальных конструкций и стального технологического оборудования.

1. Для защиты от атмосферной коррозии:

- металлических конструкций из металлов и различных сплавов, а также наружной части технологического металлического оборудования, используемых в различных областях хозяйственной деятельности;
- для межоперационной и долгосрочной консервации любого оборудования и агрегатов (деталей, механизмов и узлов) от коррозии на всех этапах их производства, сборки и хранения.

2. Для обеспечения защиты внутренней поверхности стали и различных сплавов от коррозии:

- при эксплуатации трубопроводных инженерных коммуникаций, емкостного оборудования и резервуаров различного назначения, сделанных из стали и контактирующих с водной и агрессивной средой;
- «черных» сталей на предприятиях химической, нефтехимической и нефтедобывающей отраслей.

На ингибитор коррозии «ARIN&M» разработаны технические условия (стандарт организации), которые апробированы для временной защиты от коррозии (консервации) и использованы в низких концентрациях для защиты металлоизделий (металлоконструкций) в помещениях и на открытом воздухе АО «Алмалыкский ГМК».

УДК 621.9

СТРУКТУРА СТАЛИ 12Х18Н10, ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ
СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЛАВЛЕНИЯ

А. С. ФЕДОСЕНКО

Научный руководитель Ф. Г. ЛОВШЕНКО, д-р техн. наук, проф.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Одной из трудностей, сдерживающих широкое использование металлических изделий, получаемых методами аддитивных технологий (АТ), является структурная неоднородность материалов, отрицательно влияющая на их механические свойства. В первую очередь это связано с формированием дендритной структуры, образование которой обусловлено технологическими параметрами процесса изготовления деталей.

Для улучшения качества получаемых изделий было предложено использовать порошки, изготовленные по технологии реакционного механического легирования (РМЛ). Как показали многочисленные исследования, применение данных порошков позволяет получать материалы, отличающиеся мелкозернистой структурой и высоким комплексом свойств.

В ходе исследований были изготовлены образцы размером $10 \times 10 \times 4$ мм из серийно выпускаемого порошка марки 316L и материала, аналогичного по химическому составу стали 12Х18Н10, полученного по технологии РМЛ. Образцы изготавливались методом селективного лазерного сплавления.

Исследования структуры образцов, полученных из серийно выпускаемого материала, показали, что в поперечном сечении в процессе синтеза сформировалась крупнозернистая дендритная структура. На микрошлифах видно, что каждое зерно проходит через поперечное сечение тела образца в направлении его выращивания. В продольном и поперечном направлениях наблюдаются четкие следы, оставленные лазерным лучом и очерчивающие зону сплавления предыдущего и последующего слоев наплаваемого материала. При этом, формирующаяся дендритная структура не зависит от пути прохождения лазера. Ширина зерен в поперечном сечении достигает 250 мкм.

Образцы, полученные из порошкового материала, синтезированного с применением РМЛ, в общем имеют схожую структуру. Однако прослеживаются и явные отличия. В частности, величина зерен в продольном и поперечном сечениях заметно меньше. Помимо этого, что наиболее важно, в образцах из разработанного материала не наблюдается строго направленного «сквозного» роста дендритов через сечение детали. Полученную структуру можно охарактеризовать как состоящую из сильно вытянутых, но все же отдельных зерен.

Представленные результаты свидетельствуют о преимуществах разработанного материала. Применение порошка, полученного по технологии РМЛ, позволит повысить механические свойства изделий и улучшить их эксплуатационные характеристики.

УДК 621.9

ТВЕРДОФАЗОВЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
ПРИ СИНТЕЗЕ СЕГНЕТОКЕРАМИКИ

М. А. ШАБУРА

Научный руководитель Т. В. КОЛОНТАЕВА, канд. техн. наук, доц.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Современные технологии электронной техники тесно связаны с разработкой твердых конструкционных материалов с определенным комплексом электрофизических свойств. Это определяет особое внимание к твердофазовым реакциям. С помощью твердофазовых реакций получают ферриты, различные виды конденсаторных материалов, ситаллы и материалы для лазерной техники. Гетерогенный характер протекания реакций предопределяет особенности синтеза твердофазовых материалов.

В работе исследовалась возможность синтеза сегнетоэлектрической керамики на основе твердых растворов титанатов бария и висмута по твердофазовой технологии. Первоначально были исследованы базовые системы «BaO-TiO₂» и «Bi₂O₃-TiO₂». Синтезированы двойные химические соединения по двухстадийной керамической технологии, которая позволила получить определенный фазовый состав керамических материалов, что подтверждено данными рентгенофазового анализа. Разработаны технологические схемы процессов. Синтез твердых растворов проводился по керамической технологии при различном соотношении BaTiO₃ и Bi₄Ti₃O₁₂. Изучены свойства и структура синтезированных опытных образцов.

Анализ твердофазовых реакций проводился с термодинамической и кинетической точек зрения.

Термодинамический анализ позволяет определить вероятность образования химических соединений при использовании различных исходных компонентов. Определены границы существования титаната бария и титаната висмута и проведен сравнительный анализ устойчивости соединений.

Изучение кинетики твердофазового взаимодействия дополняет термодинамический анализ и способствует изучению механизма реакции. Кинетический анализ позволил определить влияние различных факторов на скорость твердофазовой реакции между оксидами BaO, Bi₂O₃ и TiO₂. Изучены возможности активирования порошкообразных исходных компонентов с целью улучшения процесса спекания.

Комплексное исследование и анализ твердофазового взаимодействия при синтезе сегнетокерамики позволили оптимизировать технологию получения материала, химический состав и количество модификаторов, вводимых для управления электрофизическими свойствами.

УДК 621.791

СТРУКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

Е. Л. БОЛОТОВА

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

Повышение качества сварочного производства достигается внедрением автоматизированных средств управления и контроля за процессами сварки. В Белорусско-Российском университете разработана автоматизированная система регистрации сварочных процессов РСП-БРУ 20-02, которая предназначена для контроля за соблюдением технологии при производстве сварочных работ на объектах повышенной опасности, для документального подтверждения качества каждого сварного стыка, для создания отчетов о работе сварщиков, сварочного оборудования.

Автоматизированная система включает в себя:

- аппаратную часть (регистраторы параметров сварочных процессов с датчиками, удостоверения сварщиков и мастеров);
- программное обеспечение регистратора, серверной части, клиентских приложений;
- базу данных (инструкций на технологический процесс сварки, сварщиков, сварочного оборудования, сварных стыков и задания сварщикам).

Структурная схема автоматизированной системы регистрации сварочных процессов представлена на рис. 1.



Рис.1. Структура автоматизированной системы

Регистратор сварочных процессов устанавливается на каждой единице сварочного оборудования и осуществляет сбор данных о параметрах сварочных процессов с последующей передачей на сервер через GSM-канал для обработки и составления паспорта каждого сварного шва.

УДК 621.791
РАЗРАБОТКА ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ СТОЛА-МАНИПУЛЯТОРА
РОБОТА FANUC ROBOT ARC MATE 100iC

Р. А. ЕРМОЛЕНКО

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

В связи с разработкой технологии наплавки шнека с помощью аддитивных технологий появилась необходимость в разработке приспособления, которое предназначено для надежного крепления изделия. Основой этого приспособления является токарный патрон, с помощью которого происходят свободная установка и снятие изделия с приспособления. Главная проблема, которая требовала решения, – это исключение короткого замыкания (стол-манипулятор, на котором необходимо закреплять приспособление, не имеет заземления). В связи с этим для возможности безопасного проведения процесса сварки необходимо крепление дополнительного изолятора, в роли этого изолятора выступит текстолитовая пластина. При должном креплении она обеспечит возможность протекания сварочного процесса. Также для надежного крепления патрона к столу-манипулятору, в связи с тем, что стол будет иметь вертикальное положение, необходима металлическая пластина. В результате всего вышеперечисленного приспособление выглядело как токарный патрон, закрепленный на текстолитовой пластине, текстолитовая пластина в связи со своей хрупкостью крепилась к металлической пластине, а уже последняя крепилась к столу-манипулятору. В процессе изготовления возникали непредвиденные трудности, одна из них – это болтовое крепление патрона к текстолитовой пластине, которое касалось металлической пластины, что могло вызвать короткое замыкание. Для решения этой проблемы понадобилась эпоксидная смола, которая полностью изолировала болтовое соединение.

Результатом разработки этого приспособления стала возможность безопасного использования робота FANUC Robot ARC Mate 100iC со сварочным аппаратом Fronius TransPulsSynergic TPS 3200 CMT для равномерной наплавки необходимых изделий на цилиндрическую поверхность. Для дальнейших разработок это приспособление может стать хорошим решением, т. к. две пластины могут служить как переходник, обеспечивая крепления изделия или необходимого приспособления к столу.

УДК 621.791.763.1

ОБЗОР ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОБАВКИ
ГЕКСАФТОРИДА СЕРЫ В АТМОСФЕРУ ЗАЩИТЫ
ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ

А. К. ЛИЦЕРОВА

Научный руководитель А. Н. СИНИЦА, канд. техн. наук
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

При механизированной сварке плавлением в качестве защитной среды широко используются активные и инертные газы, а также их смеси. Материал защиты дуги оказывает существенное влияние на характеристики дугового разряда, свойства сварных соединений и на склонность к образованию дефектов. В частности, состав защитной среды влияет на устойчивость её горения, на глубину проплавления, формирование шва, характер переноса металла в дуге, разбрызгивание, интенсивность металлургических процессов в сварочной ванне, возникновение пор, трещин и т. д.

Эффективность воздействия на указанные свойства шва повышает добавление в атмосферу защиты галоидных соединений, например, молекулярного хлора, газообразных фторидов и хлоридов, некоторых элементов (CF_4 ; CCl_2F_2 ; SF_5 ; SF_6 ; BF_3 ; BCl_3). Количество галоидных соединений обычно не превышает 3...4 % от объема защитной атмосферы.

В связи с тем, что большинство газообразных галоидных соединений химически активны и токсичны, при сварке применяют химически инертный и нетоксичный гексафторид серы (SF_6).

Эффективность применения гексафторида серы исследовалась некоторыми учеными применительно к сварке в смеси Ar и SF_6 . В качестве основного металла в исследованиях выступали титановые сплавы и аустенитные стали (например, 08X18H10T).

В результате установлено, что добавление SF_6 к аргону позволяет увеличить глубину проплавления, улучшает формирование шва, увеличивает стабильность горения дуги и уменьшает разбрызгивание. При этом перенос металла в дуге носит капельный характер. Влияние гексафторида серы на механические свойства неоднозначны. Предел прочности увеличивается, а ударная вязкость остается неизменной.

Исследование добавления SF_6 к смеси Ar + CO_2 и особенностей сварки в такой атмосфере низколегированных и низкоуглеродистых сталей не проводилось. Так как указанные стали очень широко используются при сварке, а смесь Ar + CO_2 дешевле чистого аргона, представляет интерес провести соответствующие исследования.

УДК 621.7.01

КАЛИБРОВКА ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА СИЛОВЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА МЕТАЛЛ В ЗОНЕ СВАРНОГО ШВА

З. К. НГУЕН

Научный руководитель Д. Б. ЕФРЕМОВ, канд. техн. наук, доц.
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»
Москва, Россия

Разработана методика и алгоритм выявления контуров поверхности труб большого диаметра, основанные на сепарации поверхностных узлов дисперсной конечно-элементной сетки применительно к задачам моделирования упругопластической деформации ответственных изделий. Комплекс QForm и разработанная подпрограмма на языке LUA опробованы при анализе геометрии профиля сварных трубных или кольцевых изделий с сильно выраженными дефектами геометрии в зоне сварного шва (рис. 1). Такие дефекты характерны для производства труб большого диаметра и трудно поддаются исправлению экспандированием.

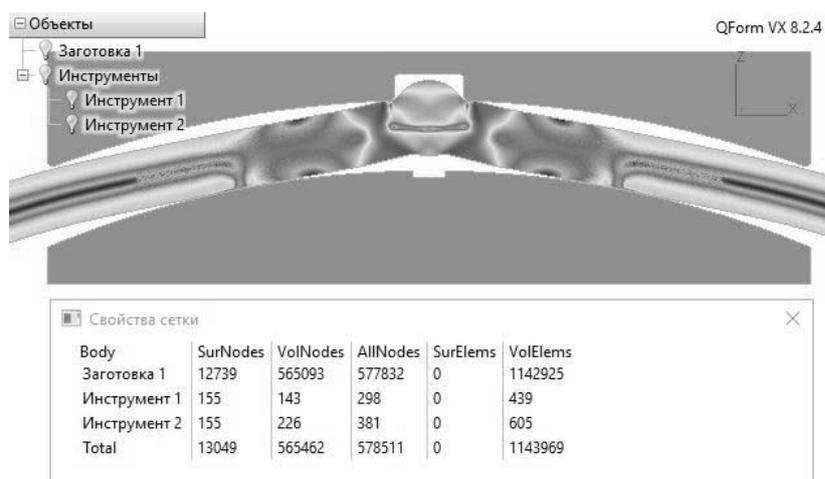


Рис. 1. QForm-моделирование калибровки трубной заготовки силовым воздействием в зоне сварного шва

Алгоритм опробован применительно к схеме коррекции тела посредством силового воздействия на зону сварки кромок. Программная реализация метода позволила автоматизировать вычисление и визуализировать периметр наружного контура, суммарную тангенциальную деформацию внешнего контура тела, величину отклонения от круглости. Освоенный алгоритм позволяет оптимизировать геометрию инструмента, а также определять момент завершения рабочего хода машины соответственно выбранным критериям оптимизации для производства продукции повышенного качества.

УДК 621.791.763.2
О ФОРМУЛЬНОЙ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЛИЯНИЯ УСИЛИЯ СЖАТИЯ
ЭЛЕКТРОДОВ НА ВЕЛИЧИНУ ЭНЕРГИИ, ВЫДЕЛЯЕМОЙ
В МЕЖЭЛЕКТРОДНОЙ ЗОНЕ ПРИ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКЕ

А. Ю. ПОЛЯКОВ, А. А. СТЕПАНОВ, Н. Д. ГАЛИНСКИЙ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Контактная рельефная сварка как способ сварки давлением сегодня является одной из наиболее перспективных альтернатив энергозатратным и низкопроизводительным дуговым способам сварки плавлением.

Предприятия закупают контактные сварочные машины переменного и постоянного тока, способные обеспечивать ток в межэлектродной зоне вторичного контура более 100 кА.

Рекомендации основных параметров режима для рельефной сварки нахлесточных соединений наиболее распространенной углеродистой листовой стали, а также Т-образных соединений типа «пластина + труба» вызывают множество споров в научной среде.

Отсутствие формульных зависимостей количества энергии $Q_{ЭЭ}$, выделяемой в межэлектродной зоне при сварке, от усилия сжатия электродов $F_{СВ}$ не позволяет однозначно рекомендовать режим сварки, обеспечивающий как минимально возможное энергопотребление сварочной машины из сети, так и высокую прочность формируемых соединений.

При этом возможность получения прочных рельефных сварных соединений без необходимости полного взаимного расплавления металла деталей и образования ядра точки (сварка в твердом состоянии) в литературе по сварке давлением изучена недостаточно.

В данном направлении исследований авторами ранее был получен положительный результат.

На примере контактной рельефной сварки нахлесточных соединений пластин толщиной 3 + 3 мм по выштампованному круглому рельефу сферической формы со сглаженным верхом была установлена графическая закономерность влияния усилия сжатия электродов $F_{СВ}$ на величину $Q_{ЭЭ}$ при неизменном токе задания сварочной машины и динамичном изменении сопротивления межэлектродной зоны $R_{ЭЭ}$.

В рассматриваемом случае вместо ядра точки для металла двух свариваемых деталей формировалась общая кольцевая зона высокой прочности, разрушение которой при испытаниях статическим нагружением на срез имело характер вязкого вырыва (косвенное свидетельство наличия зон взаимного расплавления металла деталей).

Сварка повышенного количества образцов при данной постановке задачи позволит установить формульную закономерность $Q_{ЭЭ} = f(F_{СВ})$.

УДК 621.791.763.2
ВЛИЯНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ НА ЧАСТОТУ ПЕРЕНОСА
ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ
С ВВЕДЕНИЕМ ГАЗООБРАЗНЫХ ГАЛОИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
В ЗАЩИТНУЮ ГАЗОВУЮ АТМОСФЕРУ

Е. А. ФЕТИСОВА, А. О. КОРОТЕЕВ

Научный руководитель В. П. КУЛИКОВ, д-р техн. наук, проф.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

От характера и переноса электродного металла зависят производительность процесса сварки, устойчивость горения дуги, потери металла, формирование шва, металлургические процессы. На перенос электродного металла оказывают влияние полярность и род тока, его плотность, напряжение на дуге, природа защитного газа.

Авторами проведены исследования влияния напряжения на дуге на характер переноса электродного металла (длительность цикла переноса капли расплавленного металла в сварочную ванну) при дуговой сварке с введением в защитную газовую атмосферу галоидного соединения SF_6 (гексафторид серы). Эксперименты проводились с использованием метода скоростной съемки с одновременным осциллографированием процесса сварки. Наплавка образцов выполнялась проволокой Св-08Г2С на сварочном токе 130 А и напряжениях 14; 16 и 18 В, а также на сварочном токе 200 А и напряжениях 17; 20 и 22 В. В качестве защитной газовой среды использовалась смесь Ar (82 %) + CO_2 (18 %) с введением SF_6 в количествах 0,5...5 %.

По данным, полученным в ходе проведения исследований, были построены графические зависимости частоты коротких замыканий при изменении напряжения на дуге и введении различного количества галоидного соединения SF_6 в защитный газ.

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что с повышением значений напряжений частота коротких замыканий при переносе электродного металла в сварочную ванну снижается как для сварки в смеси Ar + CO_2 , так и для Ar + CO_2 + SF_6 .

Следует отметить, что введение в защитную газовую смесь Ar + CO_2 галоидного соединения SF_6 в количестве 4 % позволяет повысить частоту переноса электродного металла по сравнению с традиционным способом дуговой сварки в среде защитного газа Ar + CO_2 .

Установлено, что воздействие гексафторида серы на характер переноса металла увеличивается с ростом напряжения на дуге и усиливается с увеличением длины дугового промежутка и времени его существования между короткими замыканиями.

Анализ полученных данных показал, что с увеличением количества гексафторида серы в составе газовой защитной атмосферы напряжение на дуге начинает оказывать все большее влияние на химические, физические и металлургические процессы, происходящие при дуговой сварке.

УДК 621.791.763.2

О ПЕРЕМЕЩЕНИИ ПОДВИЖНОГО ЭЛЕКТРОДА
ПРИ КОНТАКТНОЙ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКЕ КАК КРИТЕРИИ
ОБРАЗОВАНИЯ КАЧЕСТВЕННОГО СОЕДИНЕНИЯ

Д. Н. ЮМАНОВ, И. А. НАУМОВЕЦ, Л. С. МАЛАШЕНКО
Научный руководитель С. М. ФУРМАНОВ, канд. техн. наук, доц.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

При регулировании мощности тепловложения при контактной рельефной сварке в качестве обратной связи использовалась величина осевого перемещения подвижного электрода, которая имеет определенную взаимосвязь с кинетикой формирования соединений.

Регистрация величины осевого перемещения электрода в процессе сварки осуществлялась при помощи оптоэлектронного преобразователя линейных перемещений ЛИР-17, который устанавливался на подвижный верхний электрод контактной сварочной машины «Оливер» МТ-40. Сигнал с датчика перемещения поступал на аналого-цифровой преобразователь данных National Instruments USB 6251. Регистрация величины перемещения начиналась с момента включения сварочного тока.

После получения значений перемещения верхнего электрода за время протекания процесса сварки производилось дифференцирование сигналов с целью вычисления скорости или ускорения перемещения верхнего электрода. Полученные значения характеристик перемещения при подогреве, сварке и проковке можно использовать как критерии образования качественного соединения.

Наличие выплеска при сварке фиксируется резким нарастанием скорости перемещения верхнего электрода в короткий промежуток времени. Величина и продолжительность скачка скорости показывает интенсивность выплеска. Плавность процесса сварки обеспечивалась системой программного управления процессом контактной рельефной сварки.

Испытания Т-образных сварных соединений на прочность показали следующие результаты: при использовании серийного регулятора сварочных процессов РКС-801 средняя прочность соединений составила 18,7 кН, при применении системы программного управления – 26,5 кН. При этом разброс значений прочности соединений, получаемых при помощи системы, значительно меньше по сравнению с соединениями, получаемыми на машине с серийным регулятором контактной сварки. Применение сигналов обратной связи по перемещению электрода позволяет оптимизировать процесс сварки с целью снижения вероятности появления выплеска.

Таким образом, регистрируя характеристики перемещения электрода при рельефной сварке, можно прогнозировать качество получаемого сварного соединения и тем самым обеспечивать стабильность прочностных характеристик соединений.

УДК 621.791.763.2
РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО БЛОКА ЦИКЛА СИСТЕМЫ
ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ КОНТАКТНОЙ
РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ

Д. Н. ЮМАНОВ, Г. А. ЛАРИОНОВ, Е. М. КОРОЛЕВ
Научный руководитель С. М. ФУРМАНОВ, канд. техн. наук, доц.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

С целью исследования режимов контактной рельефной сварки с программным управлением, обеспечивающих повышение стабильности прочностных характеристик соединений по сравнению со сваркой на серийных машинах, разработана экспериментальная установка на базе машины контактной сварки «Оливер» серии МТ-40, блока управления тиристорами БУСТ2 и платы сбора данных National Instruments.

Разработан виртуальный блок цикла в программной среде LabVIEW, осуществляющий задание временных интервалов циклограммы рельефной сварки, а также включение и регулирование сварочного тока по заданной таблице. Для формирования циклограммы в LabVIEW используется структура кадровой последовательности Stacked Sequence Structure. В каждом кадре формируется цикл While Loop, повторяющий диаграмму внутри него до тех пор, пока не появится логический сигнал выхода из цикла.

В первом цикле структуры происходит ожидание нажатия педали и запуск циклограммы, во втором – задание и отсчет времени предварительного сжатия электродов с помощью таймера Elapsed Time, в третьем – задание и отсчет времени протекания сварочного тока, в четвертом – задание и отсчет времени проковки сварного соединения. Заканчивается кадровая последовательность пятым циклом задания времени паузы между сварками.

Если программа LabVIEW запущена командой Run, то отработывается режим «Одиночная сварка». Если выбирается команда запуска Run Continuously, то при удержании педали пуска устанавливается режим «Автоматическая сварка» с многократным повторением через паузу.

В процессе выполнения блок цикла создает локальную переменную «Цифровые сигналы», которая используется для формирования в отдельном цикле цифровых выходов P0.1 (сжатие), P0.2 (проковка) и триггера PFI 1/P1.1 (включение тока и начала регистрации параметров).

Блок цикла позволяет в ходе процесса сварки измерять и регистрировать следующие параметры: величину сварочного тока с помощью индукционного преобразователя (пояс Роговского), напряжение между электродами (делитель напряжений), перемещение верхнего подвижного электрода (оптоэлектронный датчик линейных перемещений ЛИР-17), усилие сжатия электродов (фольговые константановые тензорезисторы).

Сбор динамических цифровых и аналоговых сигналов датчиков осуществляется с помощью преобразователя напряжений NI-USB 6251.

УДК 621.873.2/3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК КРАНОВЫХ МЕХАНИЗМОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВМ

А. А. БОБРОВ

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

Простейшей динамической моделью механизма подъёма является четырёхмассовая схема (рис. 1), где обозначено: m_T , m_K , m_B – массы движущихся элементов; c_K , c_B – приведенные коэффициенты жесткостей упругих звеньев; r_K , r_B – коэффициенты вязкого трения; G_T – сила тяжести груза.

Получение аналитических выражений нагрузок для данной схемы достаточно трудная задача, поэтому частоты, амплитуды и нагрузки в упругих звеньях определяют численными методами решения дифференциальных уравнений, что наиболее рационально и эффективно реализуется с помощью современных ЭВМ.

Используя второй закон Ньютона и принцип освобождения от связей, запишем уравнения движения масс:

$$\begin{cases} m_T \cdot \ddot{x}_T = G_T - c_K \cdot \Delta h_{k1} - r_K \cdot (\dot{x}_T - \dot{x}_K); \\ m_K \cdot \ddot{x}_K = G_K - c_K \cdot \Delta h_{k2} - r_K \cdot (\dot{x}_K - \dot{x}_B + \dot{\varphi} \cdot r) + c_K \cdot \Delta h_{k1} + r_K \cdot (\dot{x}_T - \dot{x}_K); \\ J_z \cdot \ddot{\varphi} = M - c_\varphi \cdot \left(\varphi - \frac{\omega}{z}\right) - r_\varphi \cdot \left(\varphi - \frac{\omega}{z}\right) - c_K \cdot r \cdot \Delta h_{k2} - r_K \cdot r \cdot (\dot{x}_K - \dot{x}_B + \dot{\varphi} \cdot r); \\ m_B \cdot \ddot{x}_B = G_B - c_B \cdot \Delta h_{k1} - r_B \cdot \dot{x}_B + c_K \cdot \Delta h_{k2} + r_K \cdot (\dot{x}_K - \dot{x}_B + \dot{\varphi} \cdot r); \end{cases}$$

где Δh_{k1} , Δh_{k2} – длины элементов в вертикальном направлении каната и балки соответственно; J_z – момент инерции ротора двигателя, барабана и вращающихся масс редуктора относительно их оси вращения; G_K , G_B – силы тяжести, каната, главной балки соответственно; r_φ – крутильный коэффициент диссипации в барабане; r – радиус барабана; z – передаточное число редуктора; M , ω – момент и угловая частота электродвигателя.

На основе общих уравнений описывающих изменение динамических нагрузок в элементах крановых механизмов возможна разработка алгоритма определения параметров динамической нагруженности крана.

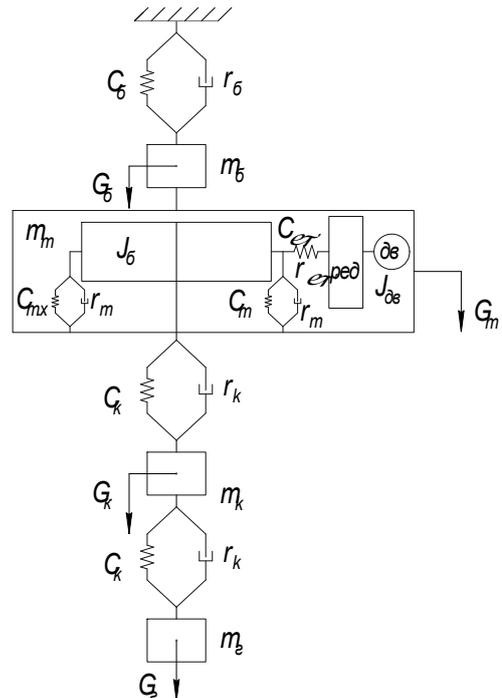


Рис. 1. Динамическая модель

УДК 621.874
УСТОЙЧИВОСТЬ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ПЛАСТИН ПРИ СЖАТИИ

А. А. ВАЛИУЛИНА

Научный руководитель К. П. МАНЖУЛА, д-р техн. наук, проф.
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Санкт-Петербург, Россия

Несущая способность балочных металлических конструкций часто определяется местной устойчивостью их элементов. Одним из способов повышения местной устойчивости стенок является придание им криволинейной формы относительно продольной оси [1]. Цель работы – исследование местной устойчивости криволинейных пластин в условиях сжатия вдоль продольной оси.

Исследование местной устойчивости плоских и изогнутых по радиусу R вдоль продольной оси пластин проводилось в среде конечно-элементного моделирования и анализа ANSYS при варьировании геометрических параметров пластин. Все пластины рассматривались шарнирно опертыми по контуру с приложением сжимающей нагрузки по торцам.

Анализ форм потери устойчивости пластин показал, что на формы потери устойчивости криволинейных пластин главным образом влияет отношение радиуса кривизны пластины к ее высоте R/d .

В процессе исследования было выяснено, что длина пластины, в форме отношения a/d практически не влияет на критическое напряжение, в то время как толщина t пластины оказывает существенное влияние на критические напряжения. При этом влияние толщины заметно увеличивается с ростом радиуса кривизны пластины.

При обработке результатов численного эксперимента с помощью регрессионного анализа получена расчетная зависимость для определения значений критических напряжений

$$\sigma_{кр} = 0,084 \cdot K_{s0} \cdot \frac{\left(\frac{t}{d}\right)^{1,007}}{\left(\frac{R}{d}\right)^{0,992} \cdot \left(\frac{a}{d}\right)^{0,004}},$$

где $K_{s0} = \frac{\pi^2 \cdot E}{3 \cdot (1 - \mu^2)} \approx 760000$ МПа.

Результаты исследования показали увеличение критических напряжений в криволинейных пластинах в 2–5 раз по сравнению с плоскими пластинами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Наумов, А. В.** Расчетно-экспериментальное исследование местной устойчивости коробчатых балок с криволинейными стенками / А. В. Наумов, К. П. Манжула // Научно-технические ведомости СПбПУ. Сер. Естественные и инженерные науки. – 2019. – Т. 25, № 3. – С. 108–119.

УДК 629.113

ВЫБОР ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МОДУЛЯТОРА
ABS АВТОМОБИЛЯ

А. В. ГАЛКОВСКИЙ

Научный руководитель И. С. САЗОНОВ, д-р техн. наук, проф.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Работа тормозной системы автомобиля с ABS определяется алгоритмом функционирования электронного блока и характеристиками модулятора, датчиков. Основным элементом этой структуры, ответственным за разблокировку тормозящего колеса при срабатывании ABS, является модулятор (гидравлический, электромеханический).

Антиблокировочная система обеспечивает приспособляемость тормозящего колеса к изменению коэффициента сцепления в пятне контакта. При экстренном торможении кузов автомобиля поворачивается в продольной плоскости, что ведет к перераспределению вертикальной нагрузки по мостам. Это приводит к блокированию одного из колес задней оси и нарушению устойчивости движения автомобиля. Модулятор, разблокируя/блокируя тормозящее колесо, удерживает его на грани блокирования. Поэтому процесс торможения колеса с использованием ABS является циклическим. Модуляторы ABS гидравлического тормозного привода обеспечивают частоту циклов импульсов «блокировка/разблокировка» 4...12 Гц.

Если водитель формирует тормозной момент, превышающий реализуемый тормозной момент по условиям сцепления колес, то колесо блокируется и скользит. При этом колесо перемещается за счет скольжения. Оно утрачивает сцепление с опорной поверхностью. В режиме торможения вес автомобиля перераспределяется на передние колеса. Величина догрузки зависит от ускорения замедления, высоты центра масс и колесной базы. Интенсивность перераспределения веса по мостам определяет жесткость пружин подвесок. Величину дополнительной нагрузки на мосты регулируют жесткостью пружин. Изменение тормозной силы в пятне контакта шины определяется колебаниями кузова автомобиля в продольной плоскости. Поэтому диапазон частот электромагнитного клапана модулятора должен охватывать частоту собственных колебаний кузова автомобиля. Таким образом, составляя дифференциальные уравнения угловых колебаний корпуса, определяем частоту его собственных колебаний. Выбираем модулятор производителя, способный реализовать полученные частоты колебаний кузова. Такой способ подбора исполнительного механизма называют адаптацией ABS к автомобилю данного класса.

УДК-621.8

АНАЛИЗ ОПОР КОЗЛОВЫХ КРАНОВ ГРУЗОПОДЪЁМНОСТЬЮ СВЫШЕ 12,5 т

А. А. КУНАНЕЦ

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

В настоящее время на изготовление металлоконструкции (М/К) крана ежегодно расходуется сотни тонн стали. Значительная часть этого металла используется на изготовление опор как составной части козлового крана.

В отечественной литературе [1] выделяют два типа опор:

- 1) гибкие опоры (Г) – которые воспринимают только вертикальные нагрузки, а также горизонтальные усилия, действующие поперек моста;
- 2) жесткие опоры (Ж) – которые помимо передачи вертикальных нагрузок и усилий, направленных поперек оси моста, воспринимают также полностью все нагрузки, действующие вдоль моста.

Описание их комбинаций отсутствует [1], есть только рекомендации: опоры козловых кранов с пролетом до 30 м жестко соединены с пролетным строением. У козловых кранов с длиной пролета более 30 м одна опора должна быть выполнена жесткой, а другая – гибкой [1].

Продукция некоторых производителей козловых кранов и их характеристики (табл. 1).

Табл. 1. Характеристики продукции козловых кранов от производителей

Производитель (сайт)	Г/п, т	Выс. подъёма, м	Пролёт, м	Тип М/К	Кол-во балок, шт.	Тип опор	Кол-во приводов, шт.
ЛIEBHERR liebherr.com	До 65	22...70	До 26,9	ЛБ Р	2	Ж + Г	6 / 4
ОООТусон tucson.by	До 63	До 36	До 30	Т	1 2	Ж + Г	4
«Гертек» gertek.ru	До 50 До 20	–	До 32,0 До 28,0	ЛБ	2 1	Ж + Ж Ж + Г	4 –

Анализируя продукцию некоторых производителей козловых кранов и их характеристики, следует, что: встречаются две комбинации опор: Г + Ж, Ж + Ж; количество механизмов передвижения крана козлового: 2, 4, 6 (Liebherr); тип МК опоры: трубчатый (Т), листовалочный (ЛБ), решетчатый (Р); не отслеживается связи комбинации типа опор исходя из характеристик; у производителей отсутствуют четкие критерии выбора комбинации типов опор козлового крана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грузоподъемные машины / М. П. Александров [и др.]. – 2-е изд. – Москва: Машиностроение, 1986. – 400 с.: ил.

УДК 621.926
МОЛОТКОВАЯ ДРОБИЛКА С НИЖНЕЙ ЗАГРУЗКОЙ МАТЕРИАЛА
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТА

Н. В. КУРОЧКИН

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

С целью повышения эффективности процессов измельчения извести при приготовлении сырьевой муки, необходимой для производства цемента, предлагается применить молотковую дробилку, представленную на рис. 1.

Особенностям данной конструкции являются установка рабочей камеры под углом к горизонту, а также наличие отбойного диска, позволяющее производить нижнюю загрузку обрабатываемого материала.

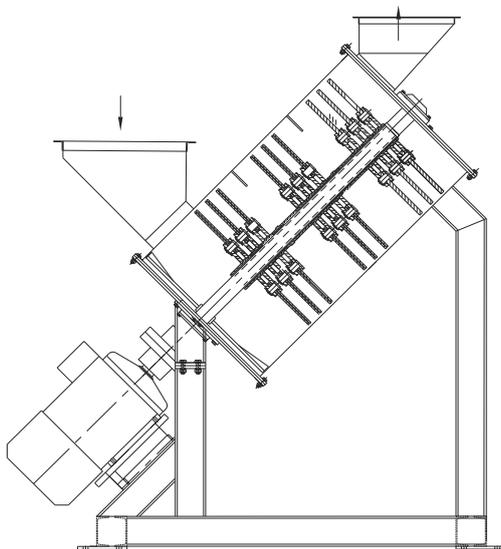


Рис. 1. Молотковая дробилка с нижней загрузкой обрабатываемого материала

Работает дробилка следующим образом: материал, подаваемый в загрузочный бункер, отбрасывается вверх отбойным диском, установленным на основании ротора, и подвергается разрушению билами, установленными в верхней части ротора. При достижении необходимой фракции частицы материала удаляются при помощи циклона, более крупные части материала под действием силы тяжести опускаются вниз, где отбойным диском снова возвращаются в рабочую часть камеры дробления.

Данная конструктивная особенность позволяет значительно повысить кратность измельчения при незначительном увеличении продолжительности рабочего процесса, что приведет к повышению энергоэффективности агрегата в целом.

УДК 629.114.2:621.828.6

О ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ СЦЕПЛЕНИЯ ГУСЕНИЧНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ С ПРОЧНЫМ ГРУНТОМ

Н. И. ЛАПИКОВА, В. В. ЛАСОЦКИЙ, В. О. ВЕСЕЛОВ

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

При строительстве дорог большой объем работ приходится на земле-ройно-транспортные операции при создании грунтового основания. Одной из задач является обеспечение проходимости и необходимости развития больших тяговых усилий у строительных машин. В связи с этим выполнение земле-ройно-транспортных работ в основном осуществляется машинами на гусеничном ходу, главным эксплуатационным показателем которых являются их тягово-сцепные качества. Улучшение тяговых качеств гусеничных машин часто осуществляют путем увеличения их сцепного веса либо совершенствованием конструкции их движителей.

Использование первого подхода приводит к дополнительным энергетическим затратам на передвижение машин при их эксплуатации. При втором способе одним из путей является оптимизация размеров грунтозацепов под соответствующий тип несущего основания. И если на малопрочных грунтах заглобление и извлечение грунтозацепов не вызывает больших трудностей, то на грунтах большей прочности существует проблема полного заглобления грунтозацепов, вследствие чего они не полностью реализуют заложенные в них конструктивные сцепные возможности, а также увеличиваются силовые затраты на их извлечение.

Одним из вариантов увеличения силы тяги по сцеплению на прочных грунтах является установка грунтозацепов в виде стержней со спиральной нарезкой в траках с возможностью вертикального перемещения посредством закрепленных на них шестернях, взаимодействующих с зубчатыми рейками устройств для внедрения и извлечения, установленных соответственно в передней и задней части рамы движителя, что позволит изменять и фиксировать высоту грунтозацепов, увеличить силу тяги по сцеплению посредством дополнительного прижатия траков гусеничной цепи к грунтовому основанию, а также уменьшить дополнительное сопротивление перемещению гусеничной цепи.

Такое устройство позволит снизить энергетические затраты, связанные с перематыванием гусеничной цепи посредством снижения затрат на извлечение из грунта традиционных грунтозацепов, и увеличить силу, действующую со стороны трака на опорную поверхность, вследствие чего повысить силу трения гусеничной цепи о грунт и силу тяги по сцеплению гусеничной машины.

УДК 621.1

РАСЧЕТ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СУШИЛКИ С ТЕПЛОВЫМ НАСОСОМ

М. А. ПЕЧЕРИЦА, О. В. КОЛЕСНИКОВА, А. А. ТЮПЕНЬКОВ
 Научный руководитель Е. Г. СТЕПАНОВА, канд. техн. наук, доц.
 Кубанский государственный технологический университет
 Краснодар, Россия

В целях интенсификации сушки яблочных выжимок за счет утилизации тепла отработанного воздуха выполнен расчет процесса с тепловым насосом (ТН) в соответствии со схемой, изображенной на рис. 1. Данные для расчета приняты из [1].

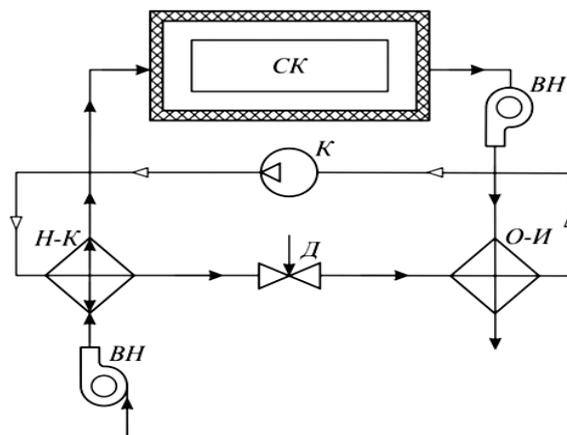


Рис. 1. Сушилка с использованием теплоты отработанного воздуха в тепловом насосе: СК – сушильная камера; ВН – вентилятор; К – компрессор; Д – дроссель; О-И – охладитель-испаритель; Н-К – нагреватель- конденсатор

Энергоэффективность применения парокомпрессионного ТН оценивалась по эксергетическим параметрам установки с учетом балансовых уравнений. Установлено, что эксергетический КПД сушилки с ТН по сравнению с традиционной сушилкой возрастает на 28 % при улучшении экологической безопасности процесса за счет сокращения вредных выбросов отработанного воздуха в атмосферу и применения озонобезопасного фреона.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беззаботов, Ю. С. Низкотемпературная сушка пектинсодержащего растительного сырья / Ю. С. Беззаботов, Е. Г. Степанова, О. В. Колесникова // Инновационные направления интеграции науки, образования и производства: тез. докл. I Междунар. науч.-практ. конф. – 2020. – С. 58–59.

УДК 664.87

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГРАНУЛИРОВАНИЯ КОРМА ИЗ ОТХОДОВ СВЕКЛОСАХАРНОГО И КОНСЕРВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

М. А. ПЕЧЕРИЦА, Е. Х. А. МУНАССАР, Н. А. ГРАЧЕВ

Научный руководитель Е.Г. СТЕПАНОВА, канд. техн. наук, доц.

Кубанский государственный технологический университет

Краснодар, Россия

Исследована прочность гранул сухого свекловичного жома на сжатие (рис. 1) при различной влажности W (%) и удельном давлении прессования P (МПа). На основе данных [1] проведен полный двухфакторный эксперимент и получено уравнение регрессии в натуральных переменных:

$$Z = 12,8 + 0,875X^2 + 2,075X - 2,575XY + 3,125Y^2. \quad (1)$$

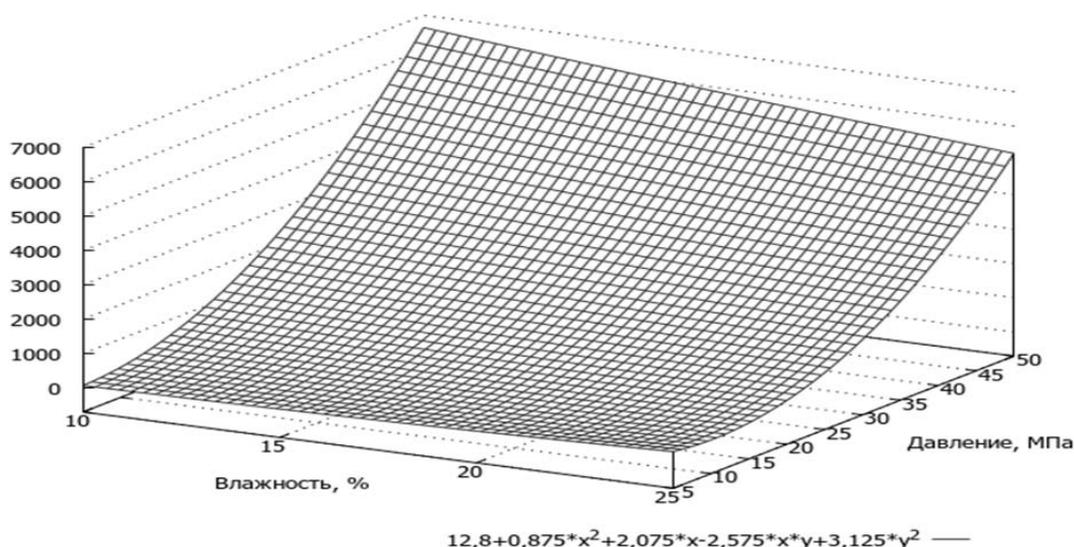


Рис. 1. Поверхность отклика прочности гранул сухого жома от влажности и давления

Установлено, что наибольшее влияние на прочность гранул оказывает взаимодействие факторов W и P . Упрочнение гранул возможно за счет повышения давления в области минимальной влажности продукта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сошников, В. К. Моделирование реологических свойств свекловичного жома, полученного с применением метода электротехнологии / В. К. Сошников, Е. Г. Степанова, Е. Х. А. Мунассар // Оборудование пищевых производств в XXI веке: материалы Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием. – Казань, 2020. – С. 5–8.

УДК 531.8:691

К ОСОБЕННОСТЯМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КРИВОШИПНО-КОРОМЫСЛОВОГО МЕХАНИЗМА ЦЕПНОГО АГРЕГАТА

В. А. ПОТАПОВ

Барановичский государственный университет

Барановичи, Беларусь

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

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

При проектировании кривошипно-коромыслового механизма цепного агрегата необходимо учитывать взаимное расположение оси вращения кривошипа O относительно точки B маятникового рычага (рис. 1).

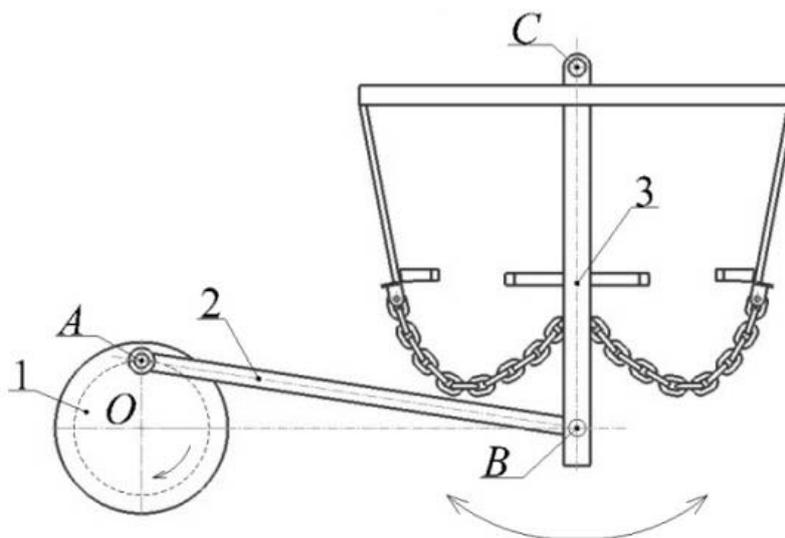


Рис. 1. Кривошипно-коромысловый механизм цепного агрегата: 1 – кривошип; 2 – шатун; 3 – маятниковый рычаг (коромысло)

Положение оси кривошипа O будет определять характер движения точки B . При положении на одной оси кривошипа O точки B будет происходить неравномерное движение, при положении точек A и B на одной оси также будет наблюдаться неравномерное движение, прямо противоположное первому случаю. Для создания симметричного перемещения точки B необходимо расположить центр кривошипа OA на оси точки B .

Изменяя положение оси кривошипа O в вертикальной плоскости относительно точки B возможно добиться одинакового или различного усилия, создаваемого маятниковым рычагом в процессе одного цикла движения, что позволит эффективно осуществлять переработку материала с различными физико-механическими свойствами.

УДК 629.7.014
ТРАНСПОРТНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИИ

К. О. РУСАЯ

Научный руководитель А. И. КИРИЛЕНКО, канд. физ.-мат. наук, доц.
Белорусская государственная академия авиации
Минск, Беларусь

Беспилотные летательные аппараты (БЛА) разнообразны как по конструкции, так и по вооруженности. Причем диверсификация стремительно расширяется. Если совсем недавно они применялись в основном для наблюдения, мониторинга и разведки, то уже давно существуют ударные БЛА, прошедшие апробацию в боевых действиях. Если ранее обращалось внимание на такие качества БЛА, как скорость, эффективность решения поставленных проблем, на правовые аспекты использования ими воздушного пространства, то в настоящий момент акцент в исследованиях смещается в сторону транспорта и экологии.

Цель работы – очертить круг проблем, которые могут решить БЛА на транспорте на современном этапе их развития.

Транспортная ситуация в крупных городах фактически вышла из-под контроля. Самым быстрым видом транспорта становится метро. Решение проблемы видится в применении БЛА. Большое количество дронов все чаще используется в качестве воздушных курьеров. Пусть на данном этапе дальность их действия не очень велика, как и грузоподъемность, но в условиях пандемии они зарекомендовали себя исключительно положительно. Уже сейчас БЛА служат для доставки малогабаритных грузов непосредственно на усадьбу или даже на балкон многоэтажки.

Другое применение – это перевозки людей. В настоящее время многие фирмы ведут полномасштабные разработки так называемого воздушного такси различной конфигурации: индивидуальные и на перевозку до 6 человек. Некоторые из этих машин находятся в стадии конструирования, а другие уже проходят сертификационные испытания. Такие БЛА, безусловно, являются транспортным средством абсолютно нового типа и они кардинально поменяют транспортную ситуацию в мегаполисах.

Другое применение БЛА – мониторинг обстановки на транспортном комплексе в режиме реального времени. Он обеспечивает качественный и своевременный обмен информацией между субъектами транспортной безопасности и территориальными органами МВД на транспорте, а также принятие оперативных решений. Отметим, что все эти функции БЛА могут выполнять параллельно с транспортными. Таким образом, БЛА – это транспортное средство двойного назначения: перевозка грузов и людей, и мониторинг ситуации на трассах и в окружающей среде.

УДК 666.9.012

СОЛЕВЫЕ ЭВТЕКТИЧЕСКИЕ РАСПЛАВЫ – ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНТЕНСИФИКАТОР ОБЖИГА ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА

М. К. АНКУДА

Научный руководитель М. И. КУЗЬМЕНКОВ, д-р техн. наук, проф.
Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

В настоящее время наиболее распространенным минерализатором, обеспечивающим ускорение процесса формирования клинкерных минералов при обжиге сырьевой смеси в цементной вращающейся печи, являются фториды щелочных и щелочно-земельных металлов. Поскольку они представляют собой продукты природного происхождения, месторождения которых достаточно редкие, их использование в настоящее время в цементной промышленности не получило широкого применения.

Перспективным выходом из сложившейся ситуации с минерализаторами может стать вовлечение в качестве интенсификатора процесса клинкерообразования шлама станции нейтрализации ОАО «Гомельский химический завод». Он представляет собой продукт, образующийся в результате нейтрализации кислых стоков из цехов по производству серной и фосфорной кислот, а также из цеха фтористых солей – фторида алюминия и гексафторсилката натрия. Проведенные исследования показали, что введение шлама в качестве интенсификатора процесса обжига цементного клинкера в количестве 0,5...1,0 масс. % от массы сухой сырьевой цементной смеси, содержащего двуводный сульфат кальция, фосфаты кальция различной кислотности, фториды кальция и алюминия, обеспечивает снижение температуры обжига на 70...100 °С по сравнению с референтным образцом.

Эффект интенсификации достигается за счет образования легкоплавких эвтектических расплавов в сырьевой цементной смеси, что обеспечивает перевод реагирующей системы из «твердое : твердое» в «твердое : жидкое». Процессы при этом протекают быстрее за счет того, что солевой расплав будучи легкоплавким обладает низкой вязкостью, по сравнению с силикатным расплавом, и способен смачивать частицы компонентов сырьевой смеси (карбоната кальция, алюмосиликатного и железистого компонента), тем самым обеспечивая интенсивный отвод и подвод реагентов в зону реакции.

Ежегодное образование шлама составляет порядка 10 тыс. т. Его использование на цементных предприятиях Беларуси обеспечит технический эффект, который может быть выражен либо снижением температуры обжига клинкера, либо увеличением производительности цементной печи на 1...3 т/ч.

УДК 625.8
ПОДХОД «БЕЗОПАСНАЯ СИСТЕМА» В ДОРОЖНОМ ДВИЖЕНИИ

Н. А. БАЛДЖИ, О. В. БОРИСЕНКО

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

На основании проведенного анализа аварийности в Республике Беларусь была разработана система мероприятий, направленных на увеличение безопасности дорожного движения, – подход «Безопасная система». Для наглядности разработана схема данного подхода.

Суть подхода «Безопасная система». Выделяются подсистемы: пользователь дорогой, автомобиль, дорога и обочина, ограничения скорости (среда). Выделено два направления. Первое – это водитель. Второе – автомобиль, дорога и обочина, ограничения скорости. Между этими подсистемами включены мероприятия, направленные на повышение безопасности дорожного движения. Первыми взаимодействуют подсистемы водитель и автомобиль. Дальше взаимодействуют три подсистемы: водитель, автомобиль и дорога, т. е. если объединить, то две – водитель, находящийся в автомобиле, и дорога. Для повышения безопасности в этом случае уделяется внимание вопросам поведения водителя в автомобиле и на дороге. Конечным пунктом данной цепочки является подсистема «ограничения скорости». Превышение скорости является основным фактором, способствующим возникновению ДТП, а также приводит к увеличению тяжести последствий и большему числу пострадавших. Второе направление разбито на два этапа. Первый объединяет пользователя дорогой, который представлен пешеходом, дорогу и обочину. Здесь необходимо отметить тот факт, что в последнее время количество ДТП с участием пешеходов неуклонно растет и оставлять этот факт незамеченным не имеет смысла. Второй этап объединяет пешехода и ограничения скорости, т. е. среду господства автомобилей. Это предпринято с тем, чтобы оградить пользователей дорогой, в частности пешеходов, от ошибочных действий.

Одна из важных характеристик составленного подхода – приверженность более широкому вовлечению общественности, определение и признание ролей, которые могут играть в улучшении дорожной безопасности. Подход «Безопасная система» направлен на долгосрочное сокращение числа ДТП и показывает основные факторы, влияющие на вероятность возникновения ДТП, и те мероприятия, которые могут быть предприняты для уменьшения последствий или вообще исключения возникновения ДТП.

УДК 624.151.5

ВЛИЯНИЕ ПРОЧНОСТИ ТЕЛА ФУНДАМЕНТА НА ВЫБОР ЕГО ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ

И. В. БАРИЛОВА, И. С. БОЖЕНКОВ, Е. А. КАРАЧИНОВ

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

При проектировании фундаментов изначально назначают несколько конструктивных вариантов при одних и тех же геологических условиях. Оптимальная конструкция фундамента подразумевает обеспечение максимальной долговечности в течение всего периода эксплуатации при минимальных затратах на возведение и эксплуатацию. Рассмотрим следующее равенство:

$$N = R \cdot A = M/L, \quad (1)$$

где M – расчетный момент; N – сосредоточенная сила; L – плечо приложения силы; R – расчетное сопротивление грунта; A – площадь поперечного сечения.

Решив равенство (1) графическим способом, можно определить оптимальный размер фундамента. На рис. 1 приведен пример применения этого метода.

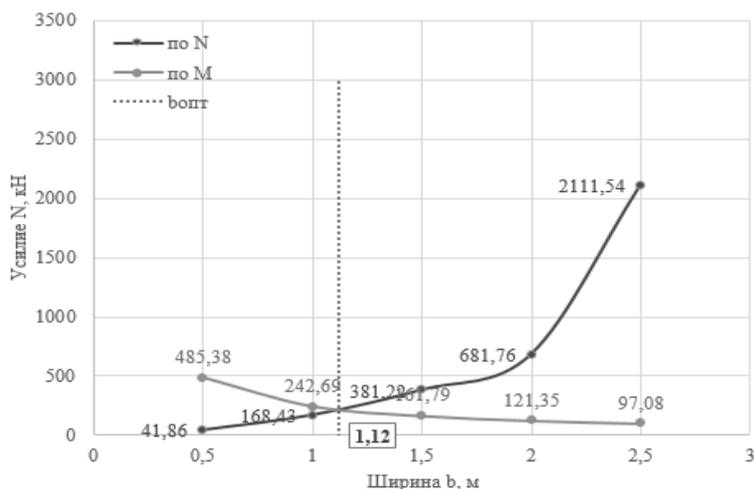


Рис. 1. График для определения оптимальной ширины фундамента $b_{\text{опт}}$ по R и M при заданной глубине заложения 1 м

Согласно аналогичным графикам, построенным для разных исходных данных, установлено, что при прочих равных условиях выбор типа и размеров фундамента не зависит от прочностных характеристик материалов.

УДК 625.814.23
СТРУКТУРНО-ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГЛИНИСТЫХ
ГРУНТОВ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ УКРЕПЛЕНИЯ

А. А. БЕЗРОДНЫХ, И. Ю. МАРКОВА, М. А. СТЕПАНЕНКО
Научный руководитель В. В. СТРОКОВА, д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова
Белгород, Россия

Территория Российской Федерации представлена преимущественно связными (или глинистыми) грунтами. Такие грунты редко используются в дорожно-строительной отрасли из-за низких физико-механических характеристик. Повышение работоспособности грунтов возможно их стабилизацией или укреплением [1, 2]. Эффективность укрепления напрямую зависит от свойств грунта как базового материала. При этом гранулометрический состав грунтов, форма и размер его частиц показывают принципиальную возможность укрепления.

Проанализированы глинистые грунты двух типов суглинков: легкого и тяжелого пылеватых. Грунты представляют собой дисперсные системы с размером частиц менее 100 и 300 мкм. Доля частиц с размерами 0,05...2 мм составляет: в легком грунте – не более 18 %; в тяжелом – не более 33 %. В обоих пробах присутствуют окатанные частицы, характерные для зерен кварца. Частицы не сцементированы. Структура поверхности отдельных зерен крупных фракций сложена чешуйчатыми частицами, по морфологии характерными для слоистых алюмосиликатов.

Таким образом, можно предположить высокую стабилизируемость грунтов в части использования минеральных и органических вяжущих, а также их комплексов – можно прогнозировать невысокий расход связующих, обеспечивающих монолитизацию глинистого вещества с формированием консолидированной прочной структуры с возможностью выступать базовым основанием дорожной одежды.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 19-38-90091.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эффективность укрепления грунта минеральными модификаторами / Т. В. Дмитриева [и др.] // Вестн. БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2019. – № 7. – С. 14–23.
2. Строкова, В. В. Феноменологическая модель стабилизации глинистых грунтов низкомолекулярными органическими комплексами / В. В. Строкова, И. В. Жерновский, Т. В. Дмитриева // Строительные материалы. – 2011. – № 10. – С. 64–66.

УДК 691.322

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ЗАПОЛНИТЕЛЯ НА ПРОЧНОСТЬ СТЕКЛОБЕТОНА

Д. О. БОНДАРЕНКО, К. А. ВАЛУЙСКИХ

Научный руководитель Н. И. БОНДАРЕНКО, канд. техн. наук
Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова
Белгород, Россия

Подбор заполнителя для изготовления бетона заданных свойств – проблема, требующая тщательного анализа характеристик исходных материалов, условий и особенностей эксплуатации бетонного изделия. Заполнитель является одним из основных компонентов бетона, формирующий его структуру. Применение отходов стекольной промышленности при производстве бетонных изделий позволит улучшить прочностные, тепло- и звукоизоляционные характеристики, снизить коэффициент теплового расширения, а также изменить внешний вид изделия [1].

Для исследования был приготовлен стеклогранулят различных фракций и предложен состав стеклобетона с соотношением «цемент : стеклобой» – 1 : 3. Прочностные характеристики образцов определяли на гидравлическом прессе ПГМ-50МГ4 (табл. 1).

Табл. 1. Прочностные характеристики стеклобетона

Фракционный состав стеклогранул, мм	Прочность на сжатие, МПа	Прочность на изгиб, МПа
0,25...0,63	17,4	1,47
0,63...0,8	20,6	1,75
0,8...1,25	19,8	1,72
4,0...5,0	15,3	1,21

Проведенные исследования показали, что наиболее рациональными являются составы с использованием фракций 0,63...0,8 и 0,8...1,25, которые имеют оптимальные значения прочности и плотности. Также стоит отметить, что тарные стёкла имеют достаточно высокие показатели твёрдости, что играет значительную роль в агрессивных условиях эксплуатации бетона.

Работа выполнена при поддержке программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В. Г. Шухова.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Минько, Н. И.** Использование стеклобоя в технологии материалов строительного назначения / Н. И. Минько, В. В. Калатоzi // Вестн. БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2018. – № 1. – С. 82–88.

УДК 625.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРУНТОВ ИЗ ОТВАЛОВ

О. И. БРОДОВА, А. М. СЕРГЕЕВА, Т. А. ПОЛЯКОВА

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

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В Республике Беларусь большое внимание уделяется решению проблемы утилизации отходов при строительстве зданий и сооружений. Одним из видов отходов является грунт, изымаемый при разработке котлованов и попадающий в отвалы. Дальнейшее использование этого грунта в той же застройке часто затруднено из-за большого содержания илестых частиц.

Чтобы рационально решать задачу, возникающую при утилизации изымаемого грунта, авторами исследована возможность его использования для строительства и ремонта грунтовых автомобильных дорог, которые встречаются не только за городом, между небольшими населенными пунктами и садовыми товариществами, но и в городах.

В связи с тем, что по данным геологических изысканий, выполненных в институте «Могилевгражданпроект», на большинстве застраиваемых территорий г. Могилева естественные грунты на глубину до 3,0 м сложены разного рода супесями и суглинками, непригодными для использования без обработки в дорожном строительстве, изучалась возможность применения стабилизатора грунта EarthZyme.

В ходе исследования, руководствуясь требованиями ГОСТ 12071, были отобраны образцы из отвалов грунта, расположенных на одной из строительных площадок г. Могилева в районе ул. Большая Машековская.

С целью получения независимых результатов исследования пробы грунта испытывали в лабораториях Белорусско-Российского университета и РУП «Геосервис».

Результаты исследований показали, что пробы грунта имеют большое содержание частиц мелкой фракции (27,8 % и более). Часть проб относится к песку (лаборатория Белорусско-Российского университета), а часть – к супеси (лаборатория РУП «Геосервис»). Полученные во время лабораторных испытаний характеристики грунта и их анализ позволяют сделать вывод о возможности его использования при строительстве и ремонте грунтовых дорог после стабилизации, например, системой EarthZyme. Это позволит сэкономить средства на утилизацию изымаемого грунта при строительстве зданий и сооружений, улучшить экологическую обстановку, связанную с расположением кавальеров и работой транспортных средств.

УДК 69.04

К ВОПРОСУ ПРОЧНОСТИ ПРОФИЛИРОВАННЫХ ЛИСТОВ

Е. С. ДАВЫДОВА, К. Я. РУСАК

Научный руководитель С. А. МАВРИНА, канд. техн. наук, доц.
Владимирский государственный университет
им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
Владимир, Россия

Профилированные листы, широко распространенные в строительстве, имеют также названия профлист и профнастил. Производится такой лист способом проката металлических листов через специальные штамповки и ролики, которые придают материалу нужные углубления и волны. Классификация профлистов достаточна обширна, в частности, рассматривают профлисты по назначению, маркировке, материалу и т. д. Чаще всего в строительной практике используются профилированные листы трапециевидной формы.

В России производство трапециевидных профилированных листов в современных условиях регламентируется ГОСТ 24045–2016 *Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для строительства*, хотя на рынке существует и продукция, выполненная по различным ТУ (техническим условиям), а также в соответствии с европейским стандартом ISO–9001.

Цель работы – изучить распространенные в строительной практике профилированные листы и вычислить возникающие в них нормальные напряжения при действии поперечной нагрузки в зависимости от толщины профлиста и разных видов трапециевидных сечений.

Материалы и методы. Рассмотрены профлисты маркировок С21, НС35, Н1 14 (в соответствии с ГОСТ 24045–2016). Для каждого типа профлиста вычислены нормальные напряжения в зависимости от толщины профлиста. Расчеты проведены в программном комплексе Excel. Выполнен сравнительный анализ полученных значений нормальных напряжений и построены графики зависимости нормальных напряжений от толщины профлиста.

Заключение. На основе изученных характеристик различных маркировок профлиста и выполненных расчетов подтверждено, что функция напряжений в профлистах зависит от толщины и сложности геометрического вида поперечного сечения. Увеличение толщины профлиста приводит к увеличению геометрических характеристик профлиста и к уменьшению значений функции напряжений, в частности, при деформации изгиба. Повышение запаса прочности материала позволит с большей уверенностью выбрать определенный тип профлиста с учетом практического назначения.

УДК 625.063
ЭМУЛЬСИОННО-МИНЕРАЛЬНЫЕ СМЕСИ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ
И РЕМОНТА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

М. В. ЖАРКОВ

Научный руководитель А. В. ВИХРЕВ, канд. техн. наук
Владимирский государственный университет
Владимир, Россия

Важнейшей задачей эксплуатации автомобильных дорог является восстановление и поддержание на необходимом уровне эксплуатационных свойств дорожных покрытий.

Применяемые в настоящее время в дорожном строительстве эмульсионно-минеральные смеси (ЭМС) не в полной мере отвечают предъявляемым требованиям, т. к. их использование ограничено жесткими нормами по допустимой температуре укладки и влажности, таким образом, существует проблема получения ЭМС с требуемыми свойствами.

Для решения данной проблемы предлагается применить технологию приготовления ЭМС, основанную на принципах самопроизвольного эмульгирования битума. Механизм самопроизвольного эмульгирования описан [1].

Процесс образования эмульсии протекает при возникновении поверхностной активности на границе раздела фаз между жидкостями, в связи с химической реакцией. Для запуска эмульгирования требуется приложение незначительных механических воздействий.

Данные теоретических исследований и предварительных испытаний позволяют сделать следующие выводы.

1. Теоретически разработана и экспериментально подтверждена технология изготовления ЭМС, основанная на использовании эффекта самопроизвольного эмульгирования битума.

2. Выявлены оптимальные соотношения компонентов ЭМС.

Полученные результаты позволяют рекомендовать ЭМС, изготовленную по предлагаемой технологии, для устройства защитных слоев дорожных покрытий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кучма, М. И.** Поверхностно-активные вещества в дорожном строительстве / М. И. Кучма. – Москва: Транспорт, 1980. – 189 с.
2. **Семехин, Э. Ф.** Использование эффекта самопроизвольного эмульгирования битума для приготовления холодных органоминеральных смесей / Э. Ф. Семехин, А. В. Вихрев, М. Э. Рунова // Междунар. независимый ин-т Математики и Систем «МиС». – 2014. – С. 54–55.

УДК 69
ИННОВАЦИИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПАНИЙ В РОССИИ

М. Д. ЖЛОБНИЦКИЙ
Научный руководитель Е. И. ЛОБАНЕВА
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске
Смоленск, Россия

В настоящее время одним из основополагающих факторов ведения успешной строительной деятельности является ее опора на инновации. Однако в Российской Федерации строительная отрасль до сих пор является консервативной в области внедрения технологий. Данная проблема является актуальной, так как России необходим переход на инновационный путь развития строительной деятельности. Главной целью исследования является выявление основных проблем и причин медленного развития и внедрения инноваций строительными компаниями.

При анализе инновационного развития строительных компаний были выявлены следующие проблемы: в России действуют устаревшие технологии в сфере строительства, которые не соответствуют международному уровню; существуют устаревшие нормативы (СНиПы и ГОСТы) и административные барьеры, препятствующие входу на отечественный рынок зарубежных инноваций; слабый опыт продвижения и практического применения инновационных технологий; недостаточная развитость инновационной инфраструктуры в строительной отрасли.

Для решения проблем можно предложить следующие мероприятия: провести сопоставление отечественных и зарубежных инноваций в области строительства для выявления их значимых различий и разработки их новых технологий, материалов и проектов, отвечающих ГОСТам, с целью их гармонизации с международными стандартами; совершенствовать инновационное обеспечение строительного комплекса регионов, позволяющее повышать показатели качества материалов и методов, применяемых при строительстве; активизировать инвестиционные ресурсы экономических субъектов для финансирования инновационно-инфраструктурных проектов; совершенствовать системную инновационную политику Российской Федерации с целью снятия существующих ограничений для широкого внедрения инноваций (необходимы экономические стимулы – налоговые льготы, гранты, субсидии).

Практическое применение данных мероприятий во многом зависит и от государства, и от частных инвесторов, которые могут реально обеспечить эффективное развитие инноваций в области строительства и достаточный уровень конкурентоспособности строительных компаний в России.

УДК 656.11

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ОДНОУРОВНЕВЫХ ПЕРЕКРЕСТКОВ В ANYLOGIC

Е. А. ЗУБКОВ

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

При организации дорожного движения очень важно обеспечить максимальную пропускную способность дорог с наиболее быстрым вариантом проезда с обеспечением соответствующего уровня безопасности.

На прямых участках дороги данные условия осуществляются. Основное замедление транспортных потоков происходит на перекрестках, как следствие, очень важно в проектных работах выбрать подходящую конфигурацию перекрестка. Из перекрестков в одном уровне наибольшее распространение получили четырёхсторонний и кольцевой перекрестки. Также применяются их модификации. Для выбора лучшего варианта были рассмотрены четыре варианта перекрёстков (рис. 1), а по ним было осуществлено имитационное моделирование транспортных потоков в программном продукте AnyLogic.

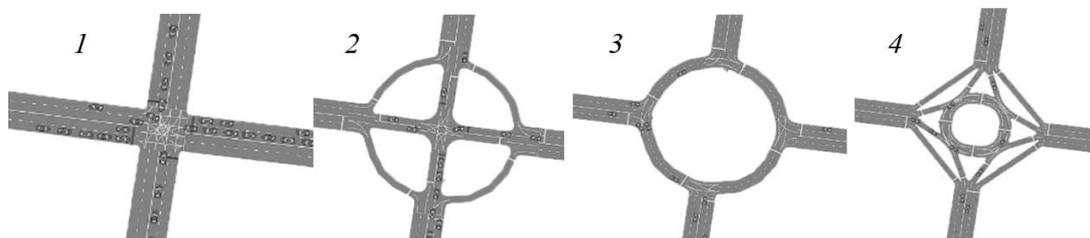


Рис. 1. Варианты моделируемых перекрестков

Предложенные варианты – это четыре популярных варианта пересечений в одном уровне, занимающих малую площадь, что позволяет обустроить их в условиях городской застройки, – простой перекресток, перекресток с двумя полосами и с боковыми ответвлениями, простое кольцевое пересечение и усложненное кольцевое пересечение с ответвлениями.

Результаты моделирования показали следующие результаты: в первом варианте – среднее время прохождения участка единицей транспортных средств составило 71,46 с и максимальная пропускная способность 1431 машин в час; втором – 35,44 и 1673; третьем – 37,18 и 1675; четвертом – 37,77 и 1535 соответственно. В итоге можно сделать вывод, что стандартный четырёхсторонний перекресток имеет худшие характеристики по сравнению с кольцевым пересечением. Варианты 2 и 4 тоже эффективны, однако требуют сложной системы организации дорожного движения.

УДК 656.11
**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ
 НА ПЕРЕКРЕСТКЕ ПРОСПЕКТА ПУШКИНСКИЙ, УЛИЦЫ ГАГАРИНА
 И УЛИЦЫ БОЛЬШАЯ ЧАУССКАЯ В ANYLOGIC**

Е. А. ЗУБКОВ

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

Перекресток по пр-ту Пушкинский, ул. Гагарина и ул. Большая Чаусская в г. Могилеве (рис. 1) является одним из высоконагруженным пересечением улиц, на которых постоянно образуются пробки. Для решения данной проблемы важно правильно установить фазы работы светофоров с учетом существующей интенсивности транспортных потоков.

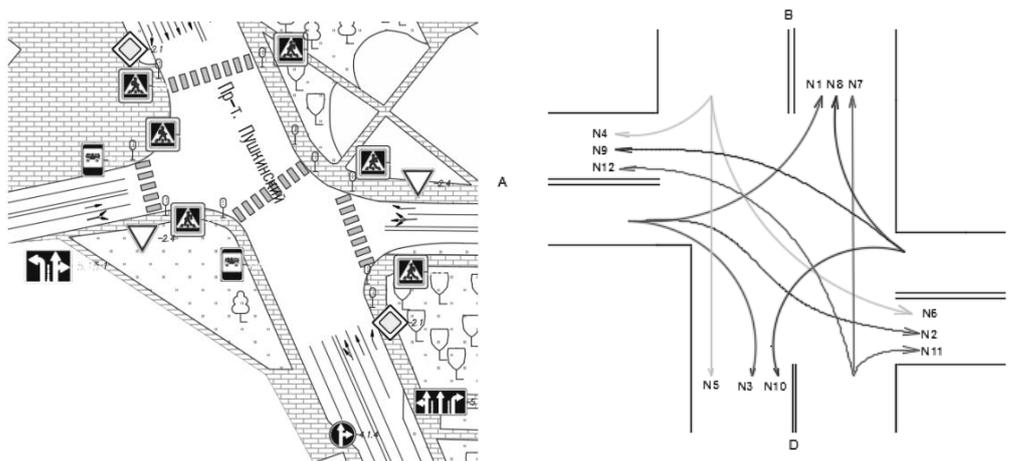


Рис. 1. Схема перекрестка пр-та Пушкинский, ул. Гагарина и ул. Большая Чаусская с пофазной схемой движения

Для совершенствования организации дорожного движения на данном перекрестке и решения проблем пробок на начальном этапе была замерена интенсивность транспортных потоков, составлена схема перекрестка. Далее осуществлялось моделирование пофазной работы светофора в программном продукте AnyLogic по параметрам: минимизация среднего времени нахождения транспортных средств на участке дорожной сети; максимизация пропускная способность в единицу времени (час). Оптимизация светофорного регулирования была осуществлена через инструмент программы «Эксперимент : оптимизация».

Результаты моделирования показали, что при сохранении существующих фаз и увеличении времени зеленого света от 4 до 7 с для автомобилей можно добиться увеличения пропускной способности перекрестка более чем на 400 машин в час и значительно сократить пробки в час пик.

УДК 72.025:[69.059:624.1]

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ НА ОСНОВАНИИ ЗОНИРОВАНИЯ

Н. Н. КОРЗАЧЕНКО

Национальный университет «Черниговская политехника»
Чернигов, Украина

В последнее время города Украины значительно изменились, увеличились их границы, появились новые улицы, микрорайоны, построены новые развязки, возводятся многоэтажные здания, проводятся реконструкции, изменяется ландшафт. Это, в свою очередь, приводит к пересмотру градостроительных документов, созданию новых планов и зонированию городских территорий. Но проблемы, связанные с устаревшими зданиями и сооружениями, остаются. Усложняет модернизацию и реконструкцию плотная городская застройка и освоение подземного городского пространства.

Значительная часть зданий и сооружений старых городских районов имеет большой физический и моральный износ. Реконструкция зданий и сооружений с большим физическим износом несущих конструкций (фундаменты, стены, перекрытия) нецелесообразна. Исследования городской застройки показывают, что восстановление зданий и сооружений технически и экономически нецелесообразно при достижении величины физического износа основных конструкций более чем на 65...70 %. Но данное положение нельзя применять к исторической застройке, особенно к зданиям и сооружениям национального значения.

В то же время строительство в плотной городской застройке не может обойтись без специальных знаний, соответствующих нормативно-правовых документов и тщательных инженерно-геологических изысканий. Необходимо учитывать не только особенности объёмно-планировочных и конструктивных решений, но и особенности территории, объектов, которые размещены рядом, инженерно-геологическую среду.

На примере города Чернигова была разработана карта зонирования, которая включает в себя информацию о инженерно-геологическом районировании, размещении и охранных зонах исторических памятников, территории промышленных зон. Вся территория поделена на малоэтажную застройку, зону 5-ти, 9-ти и больше 9-ти этажей. Выделены зоны, которые могут подвергаться подтоплению, образованию оползней или карстов. Разработаны таблицы конструктивных особенностей зданий и сооружений.

Каждая зона имеет свои общие рекомендации по застройке и модернизации в зависимости от типов зданий и сооружений. Такая концепция зонирования должна помочь в перспективной планировке преобразования городских территорий и рационального использования пространства.

УДК 624.012.45:620.191/192
ШИРИНА РАСКРЫТИЯ НОРМАЛЬНЫХ И НАКЛОННЫХ ТРЕЩИН
НЕРАЗРЕЗНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Е. Н. КРАНТОВСКАЯ¹, Л. Н. КСЁНШКЕВИЧ¹, П. О. СУНАК²

¹Одесская государственная академия строительства и архитектуры
Одесса, Украина

²Луцкий национальный технический университет
Луцк, Украина

Работоспособность неразрезных железобетонных балок изучали в V серии аналогичных [1, 2] опытов. На ширину раскрытия трещин большинство опытных факторов влияет нелинейно, взаимодействуя между собой при этом. Весь процесс трещинообразования по мере нарастания нагрузки носит затухающий характер. Раскрытие трещин происходит в результате скопления относительных взаимных сдвигов арматуры и бетона на участках активного сцепления.

После обработки опытных данных были получены адекватные матмодели, в которых приняты кодируемые исследуемые факторы: относительный пролет среза, класс бетона, количество поперечного, продольного нижнего и верхнего армирования.

На величину раскрытия трещин влияет содержание арматуры и предельное растяжение бетона, величина напряжений в арматуре в сечении с трещиной и сила сцепления арматуры с бетоном на участке между трещинами. Сравнение результатов расчетов раскрытия трещин по методикам действующих норм показало неудовлетворительную их сходимость ($v = 26...87\%$), подтверждая результаты [1, 2]. Выполненные исследования указывают на правомерность и целесообразность деформационной методики для прогноза параметров трещиностойкости и образования нормальных и наклонных трещин ($v = 10...21\%$).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Improved engineering method for calculating the strength of the supporting areas of reinforced concrete elements / O. Krantovska [et al.] // Transbud-2018. 14–16 November 2018, Kharkiv, Ukraine. MATEC Web of Conferences. – EDP Sciences. – 2018. – Vol. 230. – P. 1–9.
2. Deflections of continuous reinforced concrete elements / O. Krantovska [et al.] // Transbud-2019. 20–22 November 2019, Kharkiv, Ukraine. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing. – 2019. – Vol. 708, № 1. – P. 1–8.

УДК 693.55

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА
НА МЕХАНОАКТИВИРОВАННОМ ВЯЖУЩЕМ*Л. Н. КСЁНШКЕВИЧ¹, Н. Н. ПЕТРОВ¹, С. В. СИНИЙ²*Научный руководитель И. В. БАРАБАШ¹, д-р техн. наук, проф.¹Одесская государственная академия строительства и архитектуры
Одесса, Украина²Луцкий национальный технический университет
Луцк, Украина

Интенсивный рост прочности бетона, повышение его качества, можно достичь целенаправленным изменением структуры цементного камня, например, путем активации зерен цемента [1] и применения наполнителей [2] в условиях интенсивного гидродинамического воздействия на них, а также их модификации ПАВ. Эксперименты по трехфакторному D-оптимальному плану позволили установить влияние рецептурно-технологических факторов (содержание микрокремнезема в вяжущем – $(5 \pm 5) \%$; расход вяжущего в бетоне – $(450 \pm 100) \text{ кг/м}^3$; удельная площадь портландцемента – $(400 \pm 100) \text{ м}^2/\text{кг}$) на физико-механические свойства бетона (прочность на сжатие, водопоглощение). Механоактивация зерен портландцемента и микрокремнезема обеспечивает повышение механических характеристик цементного камня в диапазоне 26...40 %. А добавление в механоактивированное вяжущее микрокремнезема и суперпластификатора С-3 позволяет получать бетоны классов С35/45...С90/105 с расходом вяжущего от 450 до 550 кг/м^3 . Оптимизация позволила подобрать составы высокопрочных бетонов в зависимости от требуемых уровней для конкретной задачи с учетом экономической эффективности и текущих цен на энергию, оборудование и сырье. Результаты исследований позволили оптимизировать составы высокопрочного бетона С70/85...С90/105.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Disperse reinforced concrete with polycarboxylate addition on a mechanically activated binder / L. M. Ksonshkevych [et al.] // Transbud-2019. 20–22 November 2019, Kharkiv, Ukraine. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing. – 2019. – Vol. 708, № 1. – P. 1–6.
2. Investigation of the structure of cement stone, obtaining and optimization of high-strength concrete on mechanically activated binder / L. M. Ksonshkevych [et al.] // Transbud-2018. 14–16 November, 2018, Kharkiv, Ukraine. MATEC Web of Conferences. – EDP Sciences. – 2018. – Vol. 230. – P. 1–8.

УДК 625.8

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНИКИ ДЛЯ РЕМОНТА
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ МЕСТНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

С. В. КУРАШОВ

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

Эффективность развития экономики страны во многом зависит от технического состояния автомобильных дорог, находящихся на ее территории. Однако это не только магистрали международного и республиканского значения, но и местные дороги. Протяженность автомобильных дорог местного значения на территории нашей страны составляет около 71 тыс. км. Дороги данного типа обеспечивают транспортную связь между различными сельскохозяйственными угодьями, необходимую для удовлетворения транспортных нужд и обеспечения производства различной продукции.

В процессе эксплуатации дороги местного назначения подвергаются износу и разрушению за счет движения грузовых автомобилей и тракторов, сельскохозяйственной техники. Структуру фонда местных автомобильных дорог составляют следующие типы – с грунтовым, гравийным и усовершенствованным покрытием. Протяженность дорог первого типа составляет около 11,5 тыс. км, второго – 26,8 тыс. км, третьего – 32,8 тыс. км.

Несмотря на простоту конструкции, грунтовые и гравийные дороги являются малоустойчивыми и активно деформируются в период дождя. Их дальнейшая эксплуатация без проведения ремонта снижает эффективность движения машин. Асфальтобетонное дорожное покрытие является весьма дорогостоящим. Его использование на дорогах низкой интенсивности является нерациональным. Таким образом, необходимо решать проблему выбора дорожного покрытия местных дорог, обладающего необходимой устойчивостью к нагрузкам и невысокой стоимостью.

Одним из способов решения данной проблемы является использование щебеночно-эмульсионных покрытий. Оно не является дорогостоящим, а технология его устройства весьма проста. Основными материалами служат эмульсия, которая разливается по основанию автомобильной дороги, и мелкофракционный щебеночный материал, который покрывает поверхность дороги. Основной машиной для устройства покрытия данного типа является щебнераспределитель. Одной из машин данного типа является прицепной агрегат к трактору МТЗ. Таким образом, устроенное покрытие будет удовлетворять требованиям, предъявляемым к дорогам местного назначения.

УДК 625.8
**ВЛИЯНИЕ ПОДБОРА ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА
 АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ
 ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНСТРУКЦИЙ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ**

Ю. Н. ЛЕБЕДЕВА

Научный руководитель В. А. ЯРМОЛИНСКИЙ, д-р техн. наук, проф.
 Московский автомобильно-дорожный государственный
 технический университет
 Москва, Россия

Получение качественных и долговечных нежестких дорожных покрытий требует использования не только современных материалов, но и гибкого подбора оптимального состава асфальтобетонной смеси. Одним из самых востребованных материалов при строительстве дорожного полотна является геотекстиль, его укладка способна обеспечить очень эффективный отвод грунтовых, талых и дождевых вод, а также в значительной степени уменьшить расход сыпучих строительных материалов без понижения качества строящегося объекта. В данном исследовании была запроектирована конструкция дорожной одежды для участка «Автомобильная дорога Р-23 Минск – Микашевичи км 74,0 – км 126,3. IV очередь км 102,0 – км 110,7» с использованием геотекстильных материалов. Под эту конструкцию был выполнен подбор состава асфальтобетонного раствора по кривым плотности (рис. 1).

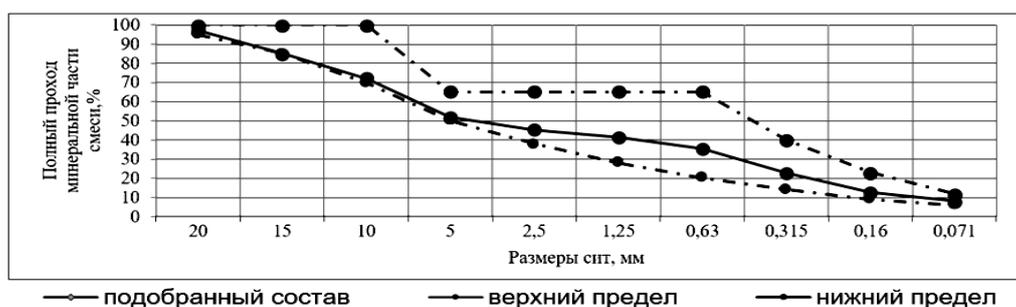


Рис. 1. Кривые гранулометрического (зернового) состава

Полученный состав имеет заданную плотность и технические свойства. Описанный метод улучшает эксплуатационные параметры конструкций дорожных одежд, но не является типовым примером. Поэтому дальнейшие исследования в области подбора оптимального состава асфальтобетонной смеси будут направлены на поиск более совершенных способов, которые позволят обеспечить рациональное соотношение компонентов асфальтобетонной смеси под любой индивидуальный проект.

УДК 666.766:[666.321+614.842.615]
ТЕПЛО- И ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ
С РАЗВИТОЙ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРОЙ

Е. Н. МАКУШЕНКО

Научные руководители: Р. Ю. ПОПОВ, канд. техн. наук, доц.;

Е. О. БОГДАН, канд. техн. наук, доц.

Белорусский государственный технологический университет

Минск, Беларусь

Основной задачей производства ячеистых теплоизоляционных материалов является получение изделий с наибольшей пористостью при достаточной их прочности. Наибольшую эффективность и распространённость в технологии керамики получили два метода – выгорающих добавок и пенообразования. Первый не позволяет получать материалы с пористостью более 45 %, второй характеризуется достаточной сложностью осуществления, но позволяет получать керамику с пористостью до 85 % и равномерной ячеистой структурой. Основной проблемой получения изделий по второму способу является невысокая устойчивость пеномассы. В связи с этим весьма актуальной задачей является разработка составов масс ячеистых керамических теплоизоляционных материалов с высокой пористостью, подбор стабилизирующих добавок, обеспечивающих достаточную устойчивость керамического шликера.

В качестве исходных сырьевых компонентов для изготовления образцов ячеистых теплоизоляционных материалов использовались: глина месторождения «Городное», алюмосиликатный шамот, известь негашеная, портландцемент М400, гипс Г-5, пенообразователь, применяющийся для пожаротушающих средств с истекшим сроком годности «Барьер пленкообразующий». Получение опытных образцов керамических масс осуществлялось шликерным методом. Высушивались образцы в естественных условиях при повышенной влажности для избегания деформации и треска изделий. Сушка велась до остаточной влажности 8 %. Обжигались образцы в электрической печи в интервале температур 1100...1200 °С. Режим обжига (максимальная температура обжига, скорость подъема и продолжительность выдержки при максимальной температуре) подбирались экспериментальным путем. Средняя скорость подъема температуры составляла 200 °С/ч, выдержка при максимальной температуре – 1...2 ч. В ходе выполнения работы было установлено влияние вяжущих компонентов на процесс формирования структуры при воздействии на материал избыточного давления (обработкой в автоклаве), а также температуры; определены оптимальные соотношения «пенообразователь : вода» (соответствующее 5 : 2), обеспечивающее формирование равномерной, однородной, пористой структуры при сохранении необходимой механической прочности полуфабриката в воздушно-сухом состоянии, а также после его обжига; определено минимально достижимое время выдержки образцов при максимальной температуре, составляющее 2 ч, позволяющее получить материал с однородными характеристиками по объему, а также температура обжига – 1150 °С.

УДК 004.4 + 004.94
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

В. С. МИХАЛЬКОВ, М. А. ШКИЛЬНЮК

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

ВІМ – это компьютерная аналитическая модель здания или сооружения, в которой собрана и сконцентрирована вся необходимая информация об объекте строительства. При этом изменение какого-либо значения в сформированной модели влечет за собой изменение автоматически остальных, связанных с ним значений и объектов: визуализаций, чертежей, спецификаций и т. д.

Разработав такой проект, сможем оценить объект строительства, поймем уровень материальных и финансовых затрат, потребный для его возведения, перечень используемого оборудования, организацию процесса строительства и пр.

Самое важное – настроить среду для своей работы, так называемый шаблон (архитектурный или конструкторский). В настройку шаблона входит подбор необходимых конструкций, семейств или групп, шрифтов для текстовых заметок, обозначений, загрузка и формирование необходимых элементов. Например, необходимо запроектировать стальной лист размерами 136 × 14,2 × 1,7 мм. В перечне стандартных элементов такого нет, следовательно, необходимо формировать его индивидуально.

ВІМ создает большой перечень возможностей для работы со стальными конструкциями в стандартной вкладке «Сталь». Сварной шов или болтовое соединение теперь не будут указаны простым обозначением на чертеже, а действительно будут показаны на 3D-модели элементов здания с необходимыми подробными пояснениями: каким электродом будет произведена сварка по длине сварного шва, какие применяются болты, марка стали, из которой сделаны болты.

Нужно помнить, что в Revit есть множество уже готовых и проверенных решений. Например, запроектирована сетка и колонны, необходима стропильная конструкция. Проектировать ферму с нуля долго, но Revit предоставит большое множество уже готовых ферм, размеры которых можно откорректировать и применить в своем проекте.

В дальнейшем, получив готовую 3D-модель здания, можно получить все необходимые виды, чертежи, разрезы и спецификации автоматически. Нужно помнить, что чертеж влияет на спецификацию, так же как и спецификация зависит от чертежа, при внесении любых изменений в чертеже изменится состав спецификации.

УДК 004.4 + 004.94
 СРАВНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ ПРИ РАСЧЕТЕ НЕСУЩЕЙ
 СТАЛЬНОЙ КОЛОННЫ В ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS

В. С. МИХАЛЬКОВ, М. А. ШКИЛЬНЮК

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

В процессе использования программ по информационному моделированию зданий возникает закономерный вопрос о точности получаемых результатов и их соответствии требованиям действующих требований ТНПА. Если при использовании Autodesk Revit имеется некоторая уверенность в получении надежных результатов по вычерчиванию и проектированию объектов, то при пользовании Autodesk Robot Structural Analysis Professional очень трудно новичку (студенту) быть уверенным в правильности получаемых результатов. Поэтому первоначально, на протяжении некоторого переходного периода, следует сочетать и сравнивать результаты, полученные в Robot, с результатами ручных расчетов.

На рис. 1 показаны результаты сравнительного анализа расчетов одноветвевой стальной колонны, проведенных в расчетном комплексе Robot Structural Analysis Professional, с результатами расчетов, выполненных вручную, в соответствии с требованиями действующих ТНПА. Отклонение результатов расчетов находятся в рамках погрешности.

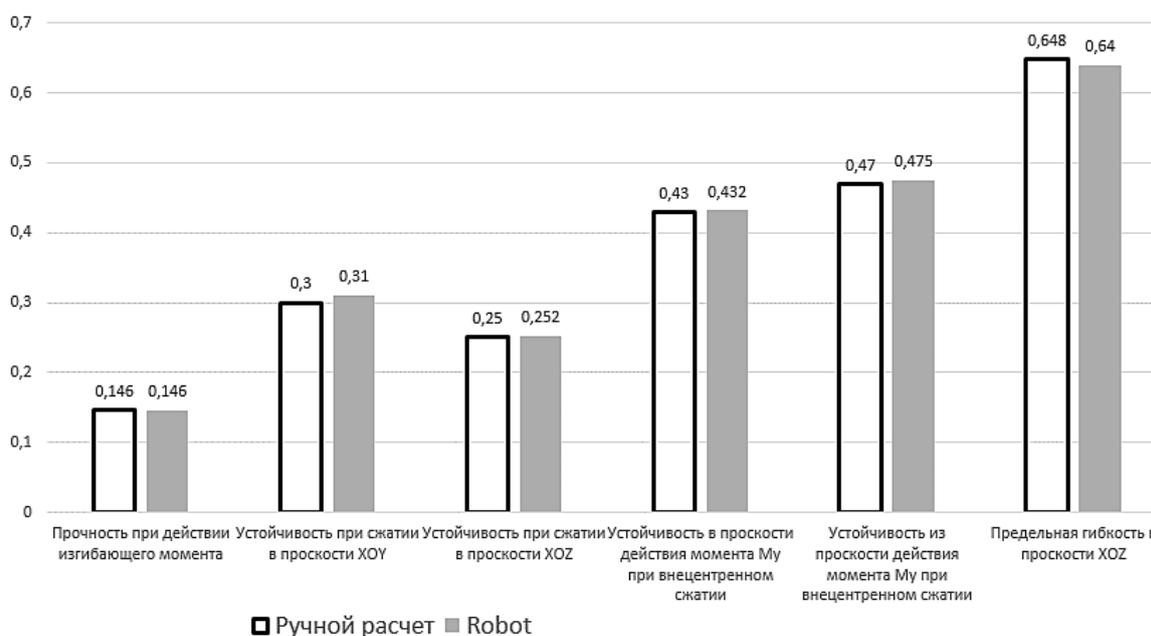


Рис. 1. Сравнение полученных данных при ручном расчете и расчете в Robot Structural Analysis Professional несущей стальной колонны

УДК 69.04

ПРИМЕНЕНИЕ САПР ANSYS ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ
ПО АНАЛИЗУ РАБОТЫ ЛЕГКОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

И. В. МОРОЗОВ

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

При конструировании изделий из железобетона на его конечные прочностные характеристики влияет состав бетона и схема армирования, которые закладывают в конструкцию. В своей текущей научной деятельности автор рассматривает работу различных нетиповых схем армирования в бетоне и ищет оптимальное решение. При постановке задачи работа выглядела не очень сложно и включала ряд одинаковых тестов. Так как тесты регламентированы и есть чёткие рекомендации к их проведению, которые включают в себя необходимость испытания нескольких образцов на разных возрастах железобетона, соответственно, при попытке её решения автор столкнулся с высокой потребностью в материальном обеспечении эксперимента. Суммарное количество образцов, необходимых для выполнения эксперимента со всеми задуманными автором схемами армирования, получилось 108. Общее количество материала, необходимое для проведения эксперимента, было очень большим и требовало серьёзных затрат.

Современные задачи требуют современных решений и наилучшим решением в XXI в. является ЭВМ с установленной программой для конечно-элементного анализа. В данном случае это ANSYS. Суть расчётов заключается в том, что область, в которой программа ищет решение задачи (она сводится к дифференциальному уравнению), делится на ряд (конечный) мелких элементов, в каждом из которых выбирается аппроксимирующая функция (полином), которая вне конкретного элемента равна нулю. Значения функций в узлах являются решением, а коэффициенты вычисляются. Далее ЭВМ решает СЛАУ разреженного вида и точность вычислений зависит только от мощности ЭВМ и является удовлетворительной.

Суть в том, что, рассчитав все задуманные схемы армирования в САПР, автором были выбраны наиболее удачные с точки зрения соотношения необходимых для её реализации материальных ресурсов к итоговой эффективности её работы. По итогам работы автору удалось уменьшить количество необходимых образцов со 144 до 36.

УДК 69.04
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕГКОГО
ЖЕЛЕЗОБЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕЙ

И. В. МОРОЗОВ

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

В современном строительстве активно используются различные программные инструменты для проектирования и прогнозирования работы изделий из железобетона. В своей работе автору пришлось использовать САПР для моделирования и объёмной визуализации результатов инженерного расчёта. В процессе обучения работе в программе также удалось ознакомиться с работами ряда зарубежных авторов [1–3], которые для расчёта использовали совершенно новый и перспективный метод расчётов – искусственные нейронные сети (ИНС). Мохаммед Заранди в [2] утверждает, что точность метода достаточно высока, а в других источниках сообщается о точности от 96 до 99 % при выполнении расчётов прочности на сжатие лёгкого бетона. В указанных работах есть сведения, что наиболее эффективным для данной цели является использование алгоритмов Лавенберга-Марквардта и Полака-Рибьера. В своей работе автор уже применил различные методы расчётов и, выполнив расчёт через ИНС, сравнил эти показатели с другими программами и с реальным экспериментом. В качестве входных данных для расчёта на ИНС были выбраны следующие показатели: максимальный размер зерна заполнителя; длина стержней арматуры; прочностные характеристики в возрасте 7 дней; адгезия бетона и стали; удельная поверхность бетона; относительная плотность бетона. Выходным параметром будет прочность на местное сжатие.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Duan, Z. H.** Prediction of compressive strength of recycled aggregate concrete using artificial neural networks / Z. H. Duan, S. C. Kou, C. S. Poon // *Construction and Building Materials*. – 2013. – Vol. 40. – P. 1200–1206.
2. Fuzzy polynomial neural networks for approximation of the compressive strength of concrete / M. H. F. Zarandi [et al.] // *Applied Soft Computing*. – 2008. – Vol. 8, № 1. – P. 488–498.
3. **Торсу, I. B.** Prediction of properties of waste AAC aggregate concrete using artificial neural network / I. B. Topcu, M. Saridemir // *Computational Materials Science*. – 2007. – Vol. 41, № 1. – P. 117–125.

УДК 691.327.32
КЕРАМЗИТОБЕТОН НА ОСНОВЕ КЕРАМЗИТОВОГО ГРАВИЯ
ПРОИЗВОДСТВА ОАО «ЗАВОД КЕРАМЗИТОВОГО ГРАВИЯ
Г. НОВОЛУКОМЛЬ»

Ю. Г. МОСКАЛЬКОВА, В. А. РЖЕВУЦКАЯ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Применение конструкционных легких бетонов становится все более актуальным, поскольку наряду с обеспечением достаточной несущей способности строительных конструкций снижается собственный вес каркаса и улучшаются теплотехнические качества железобетона. В Беларуси существует три основных завода по производству керамзита: ОАО «Завод керамзитового гравия г. Новолукомль», ЗАО «Лидский керамзитовый завод», Петриковский керамзитовый завод ОАО «Гомельский ДСК».

Целью настоящего исследования являлось изучение возможности производства конструкционного керамзитобетона на основе керамзитового гравия производства ОАО «Завод керамзитового гравия г. Новолукомль».

Было изготовлено несколько серий стандартных опытных образцов в виде кубов (размер ребра 150 и 100 мм) и цилиндров (диаметр 150 мм, высота 300 мм) из керамзитобетонной смеси с различной рецептурой. По результатам проведенного эмпирического исследования установлено следующее. Прочность керамзитового гравия в цилиндре находится в пределах 0,9...1,1 МПа, что в целом не противоречит информации, указанной на упаковке производителя (не ниже 1 МПа). Однако при этой прочности заполнителя получить керамзитобетон высокого класса невозможно. Характеристическое значение цилиндрической прочности керамзитобетона на основе данного керамзита не превышает 12 МПа. При увеличении модуля крупности песка, повышении расхода цемента, уменьшении водоцементного отношения прочность керамзитобетона существенно не изменяется, поскольку разрушение в этом случае происходит в результате раздробления пористого крупного заполнителя. Таким образом, увеличение прочности цементной матрицы не оказывает влияния на прочность керамзитобетона. Также установлено, что чем больше фракция керамзитового гравия, тем меньше прочность керамзитобетона при одинаковом составе бетонной смеси (например, при использовании фракции гравия 4...10 мм получили $f_{cm,cyl} = 11,8$ МПа, при фракции 10...16 мм – $f_{cm,cyl} = 9,7$ МПа, т. е. отмечено снижение прочности примерно на 18 %).

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что керамзитовый гравий производства ОАО «Завод керамзитового гравия г. Новолукомль» на сегодняшний день не может быть использован для изготовления конструкционного керамзитобетона.

УДК 691.542

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ДОБАВОК НА ПРОЧНОСТЬ МОДИФИЦИРОВАННОГО ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

В. В. НЕЛЮБОВА, С. А. УСИКОВ, Е. О. КУЗЬМИН

Научный руководитель В. В. СТРОКОВА, д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова
Белгород, Россия

Современные модифицированные бетоны являются хорошей альтернативой традиционным материалам, что обусловлено их повышенными физико-механическими характеристиками и технико-эксплуатационными показателями качества. Такие материалы предусматривают использование не только пластификаторов, но и активных дисперсных компонентов, в том числе с получением композиционных вяжущих. Однако такие добавки оказывают противоположные действия: пластификаторы существенно разжижают раствор, тогда как дисперсные компоненты приводят к увеличению водопотребности или загущению системы при сохранении заданного водоцементного отношения.

В работе использованы пластификатор марки ГПМж и порошкообразная добавка ГПМ производства ЗАО «НП ЦМИД». Показано, что использование только пластифицирующей добавки обеспечивает прирост прочности на 25 % при сопоставимом снижении водопотребности раствора. Использование обоих видов добавок позволяет повысить прочность в 1,4 раза без увеличения расхода воды. При этом плотность материалов возрастает, что связано с оптимизацией плотности упаковки твердых частиц в системе.

Таким образом, комплексное использование разнофункциональных добавок позволяет модифицировать структуру цементного камня что обеспечивает повышение физико-механических характеристик композитов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-19-00263) с использованием оборудования Центра Высоких Технологий БГТУ им. В. Г. Шухова.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Повышение эффективности цементных бетонов за счет применения композиционного вяжущего с силикат-кальциевой дисперсией / Е. А. Шошин [и др.] // ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. – 2019. – № 4 (57). – С. 22–29.
2. Композиционное вяжущее для монолитного строительства в северных регионах / В. В. Строкова [и др.] // Вестн. БГТУ ун-та им. В. Г. Шухова. – 2016. – № 11. – С. 36–42.

УДК 624.072.45.046.3

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЫСОТА СЖАТОЙ ЗОНЫ БЕТОНА
ВНЕЦЕНТРЕННО РАСТЯНУТЫХ И СЖАТЫХ БАЛОКН. Н. ПЕТРОВ¹, Е. Н. КРАНТОВСКАЯ¹, П. О. СУНАК²¹Одесская государственная академия строительства и архитектуры
Одесса, Украина²Луцкий национальный технический университет
Луцк, Украина

Наличие наклонной трещины в пролёте среза уменьшает её высоту по сравнению со сжатой зоной бетона в зоне «чистого» изгиба в среднем на 20 % [1, 2]. Эта тенденция сохранилась и в проводимых опытах, она зависит от всех исследуемых факторов. Минимальное среднее значение относительной высоты сжатой зоны бетона под грузом (при $0,9F_u$): во внецентренно растянутых балках $\zeta_{\text{груз,III-A}} = 0,27$; во внецентренно сжатых элементах (серии III-B) – 0,56. Во внецентренно растянутых элементах высота сжатой зоны бетона под грузом нелинейно уменьшается (на 104 %) с увеличением продольной растягивающей силы, а также с понижением эксцентриситета её приложения от e/h_0 ($-0,25 \dots +0,25$) – на 37 %. Высота сжатой зоны бетона с увеличением продольной сжимающей нагрузки ($92,4 \dots 261,8$ кН) наоборот нелинейно увеличивается на 25 %, а относительного эксцентриситета её приложения – на 11 %. В обычных и во внецентренно сжатых балках высота сжатой зоны увеличивается по отношению к средним значениям 0,35 и 0,56 с уменьшением относительного пролёта среза от 3 до 1 – на 29 и 11 %, с увеличением количества продольной рабочей арматуры ρ_{fi} от 0,0129 до 0,0230 – на 69 и 11 %, с уменьшением ρ_{fs} от 0,0129 до 0,0058 – на 23 и 4 %.

Таким образом, экспериментально установлены закономерности изменения длины проекции опасной наклонной трещины и высоты сжатой зоны бетона над ней и их зависимость от величины пролёта среза.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Improved engineering method for calculating the strength of the supporting areas of reinforced concrete elements / O. Krantovska [et al.] // Transbud-2018. 14–16 November 2018, Kharkiv, Ukraine. MATEC Web of Conferences. – EDP Sciences. – 2018. – Vol. 230. – P. 1–9.
2. Numerical simulation of the stress-strain state of complex-reinforced elements / O. Krantovska [et al.] // Technical Journal, Varaždin (Croatia): University North. – 2019. – Vol. 13, № 2. – P. 110–115.

УДК 625.8
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕМОНТА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ДОБАВОК

Н. П. РАНЦЕВ

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

Изменение климата на территории нашей страны является следствием роста регистрируемых среднегодовых температур. Кроме того, увеличивается загруженность автомобильных дорог. Учитывая скорость развития дорожной отрасли, в нашей стране можно констатировать ежегодный рост объемов работ по ремонту дорожного покрытия. Это подтверждается Государственной программой по развитию и содержанию автомобильных дорог в Республики Беларусь на 2019–2020 гг.

Загруженность автомобильной строительной отрасли не дает возможности на протяжении одного строительного сезона выполнить необходимый объем работ. При этом образуется недоремонт автомобильных дорог, который снижает качественные показатели оказания транспортных услуг.

Одним из путей решения данной проблемы является организация круглогодичного процесса ремонта дорожного покрытия. Однако современными способами не представляется возможным организовать ремонтные работы при температуре ниже плюс 5 °С. Необходимо совершенствовать технологические за счет применения современных материалов на основе различных добавок.

Применение органических добавок для устройства верхних слоев дорожных одежд позволит решить обозначенную выше проблему. Они дают возможность продлить сезон выполнения дорожных ремонтных работ, включив в него период выполнения ремонта дорожного покрытия при температуре окружающей среды до минус 10 °С. Использование органических добавок позволит решить еще одну технологическую проблему, а именно понижение температуры асфальтобетонной смеси при ее транспортировке и выгрузке в приемный бункер асфальтоукладчика.

Проведенные исследования показали, что органические добавки являются достаточно эффективными. На территории нашей страны достаточно много дней, удовлетворяющих обозначенным выше температурным требованиям. Организация проведения ремонтных работ с использованием органических добавок в условиях дней с отрицательными температурами позволит до 20 % увеличить выполненные объемы работ и сократить тем самым недоремонт дорожного покрытия.

УДК 625.7/8

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ДОРОЖНЫХ БИТУМОВ

К. М. РЯБИНИНА

Научный руководитель Г. В. ПРОВАТОРОВА, канд. техн. наук, доц.

Владимирский государственный университет

им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

Владимир, Россия

Одной из основных проблем дорожной конструкции в настоящее время является постоянный прирост нагрузок на дорожное покрытие, что обусловлено увеличением числа автомобилей и утяжелением состава транспортного потока. Особенно эта проблема актуальна для покрытий, построенных с применением органических вяжущих.

Для увеличения надежности и уровня долговечности дорожных покрытий в настоящее время лучше использовать модифицированный битум. Активное использование модифицированных битумов объясняется их более высокими эксплуатационными характеристиками. Все дело в том, что модифицированный битум имеет больший диапазон рабочих температур, к примеру, разница между температурами хрупкости и размягчения у модифицированного битума составляет около 100 град, в то время как у обычного битума – лишь около 60 °С.

На кафедре «Автомобильные дороги» Владимирского госуниверситета проводятся исследования свойств дорожных битумов с различными видами модификаторов – полимерными добавками, в частности ПЭТФ, резиновыми добавками, блок-со-полимерами (СБС), а в последнее время с нанодобавками (УНТ). Кроме того, изучается вопрос применения комплексных добавок, например, ПЭТФ и УНТ, совместное введение которых позволило получить за счет синергетического модифицирующего эффекта вяжущее высокого качества.

Главной причиной малой долговечности асфальтобетонных покрытий является их низкая теплостойкость, т. е. резко различающаяся прочность асфальтобетона в пределах рабочих температур. Эту ярко выраженную температурную зависимость в асфальтобетон привносит битум. Таким образом, если бы удалось придать битуму желаемую теплостойкость, то и асфальтобетон приобрел бы это свойство. Эту проблему авторы и пытались решить, вводя в битум модификаторы.

Задача состояла в определении вида и оптимальной концентрации модификатора для достижения максимальной прочности, которая достигается до точки образования агломератов, ухудшающих показатели качества. Введение в состав дорожного битума позволило получить органическое вяжущее с улучшенными эксплуатационными свойствами и широким спектром применения.

УДК 621.926

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ УГЛА ЗАХВАТА В ВИБРОВАЛКОВОМ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕ

Л. Л. СОТНИК

Барановичский государственный университет

Барановичи, Беларусь

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

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Начало деформации материала в вибровалковом измельчителе ограничено углом захвата α_d (углом деформации). В виду эксцентрично установленного одного из валков значение угла захвата будет меняться [1].

Изменение угла захвата улучшает условия захвата материала в зоне подачи, реализует раздавливающе-сдвиговое деформирование частиц и разрушает «застойные зоны» подаваемого материала.

На рис. 1 представлены графики изменения угла захвата на ведущем и эксцентриковом валках в зависимости от угла поворота эксцентрикового вала при различной величине эксцентриситета эксцентрикового вала (радиус валка $R = 120$ мм; максимальный диаметр куска материала $d_{\max} = 16$ мм; зазор между валками $b_{\text{ср}} = 4$ мм).

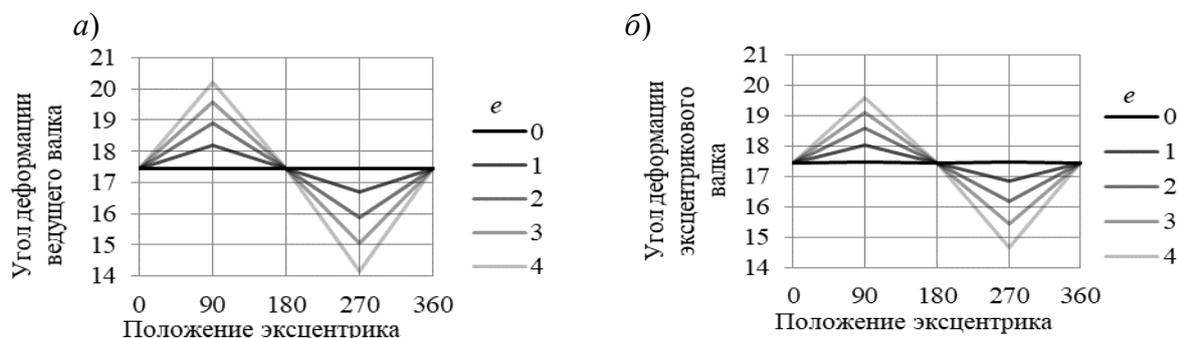


Рис. 1. График изменения угла захвата на ведущем (а) и эксцентриковом (б) валках при повороте эксцентрикового вала

Исследованный характер изменения углов захвата (деформации) свидетельствует о наличии сдвиговых деформаций при разрушении материала, что интенсифицирует процесс их измельчения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сиваченко, Л. А. Анализ изменения угла захвата и межвалкового пространства в вибровалковом измельчителе / Л. А. Сиваченко, Л. Л. Сотник, И. А. Богданович // Научные стремления: сб. науч. тр. – Минск, 2017. – Вып. 22. – С. 7–11.

УДК 621.926

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ВИБРОВАЛКОВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ

Л. Л. СОТНИК, Ю. Е. ГОРБАЧ

Барановичский государственный университет

Барановичи, Беларусь

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

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Опыт промышленных испытаний вибровалкового измельчителя показывает, что по сравнению с известными конструкциями валковых агрегатов он обеспечивает получение готового продукта с необходимым дисперсным составом, т. е. более однородного. Энергопотребление снижается на 10 %, при этом производительность возрастает на 23 % [1]. Сравним два способа измельчения материала (табл. 1).

Табл. 1. Техничко-экономическое сравнение способов измельчения

Показатель	Вибровалковый измельчитель	Валковый агрегат
Часовая производительность $Q_{ч}$, т/ч	1,6	1,3
Годовая производительность $Q_{г}$, тыс. т/год	4,84	3,93
Потребность в электроэнергии N , кВт · ч/т	3,09	3,32
Затраты на сырье Z , млн р.	0,184	0,149
Выручка V , млн р.	0,29	0,236

Использование вибровалкового измельчителя влечет за собой увеличение объема производства на 23 %, что ведет за собой потребность в дополнительных материалах, электроэнергии и, как следствие, дает дополнительную выручку.

Возможность и эффективность использования разработанного вибровалкового измельчителя подтверждены актами промышленных испытаний на предприятиях Республики Беларусь и Российской Федерации.

Разработанная конструкция измельчителя может быть использована на предприятиях строительной, горной и химической промышленности (ОАО «Беларуськалий», предприятиях холдинга «Белорусская цементная компания», РУПП «Гранит», ОАО «Доломит» и др.) [1].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вибровалковый измельчитель-активатор : пат. РФ № 186478 / В. С. Севостьянов, Л. А. Сиваченко, М. В. Севостьянов, Т. Л. Сиваченко, Л. Л. Сотник, П. Ю. Горягин. – Оpubл. 22.01.2019.

УДК 69.003.13
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ: ПРИМЕНЕНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ,
ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ В ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Т. Ю. ШАФРАНОВА

Научный руководитель А. И. ДЕМИДЕНКО, канд. техн. наук, доц.
Брянский государственный технический университет
Брянск, Россия

Цифровизация и кибернетизация стали толчком к новому этапу в развитии российской национальной экономики. С помощью инновационных решений на российском рынке появляются принципиально новые технологии разработки и качественная продукция с высокой конкурентоспособностью.

В области промышленного производства, телекоммуникаций и информационных технологий увеличились государственные инвестиции. Затраты на инновации в этих секторах растут, как и качество производимой продукции. В долгосрочной перспективе расходы на инновации будут неуклонно расти с каждым годом, что обеспечит интенсивный рост инноваций.

Одна из важнейших областей применения в России – строительство дорог. Эта отрасль очень важна для России, так как страна является самой большой в мире и очень важно обеспечить ее качественными дорогами.

Строительная отрасль была выбрана в качестве основы для анализа как одна из базовых отраслей, определяющих развитие экономики России в целом. Дорожное строительство играет важную роль в нашей стране, учитывая большие пространственные масштабы, необходимость производства и других взаимосвязей.

С точки зрения современных российских реалий строительство автомобильных дорог в России приобретает все большее значение. Развитие сети дорог является важным аспектом развития, поскольку они определяют качество и уровень жизни людей. Строительство дорог является основным направлением строительной отрасли, поскольку протяженность дорог является важным показателем экономического развития страны.

В связи с многовариантностью концепций при строительстве сложных объектов дорожной инфраструктуры, технологии и опыт ведения бизнеса, основанные на инновационных технических подходах, востребованы.

Строительство инновационных дорог позволит Российской Федерации выйти на новый уровень инновационного развития и значительно улучшить качество жизни, поскольку люди смогут перемещаться между двумя городами федерального значения на транспорте. Развитие этой отрасли позволит целенаправленно исследовать рынок инноваций и инновационных технологий с анализом эффективности той или иной деятельности в России.

УДК 625.8

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ И РЕМОНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В. В. ЮРЧЕНКО

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

Необходимость в транспортировке грузов различного назначения постоянно увеличивается. С целью удовлетворения потребностей в транспортных перевозках организации нашей страны содержат парки грузовой техники. Если рассмотреть их структуру, то можно заметить, что это в основном грузовые автомобили с вертикальной разгрузкой. Распространение данных машин обусловлено их широкой функциональностью. Они применяются для решения различных задач от вывоза мусора и убранного снега до транспортировки дорожно-строительных и ремонтных материалов. При этом использование машин данного типа не всегда является эффективным. Так, при работе с дорожно-строительными и ремонтными материалами возникают некоторые технологические неудобства. При вертикальной разгрузке нерудный материал отсыпается в отвал. Для его дальнейшего распределения на дороге необходима дополнительная техника, такая как автогрейдер или бульдозер.

Область применения автосамосвалов с вертикальной разгрузкой может быть ограничена по высоте, что не позволяет осуществить разгрузку в тоннеле или под мостом и путепроводом.

В качестве альтернативы машинам данного типа для транспортировки дорожно-строительных и ремонтных материалов можно использовать автосамосвалы с донной разгрузкой. Данная техника не имеет обозначенные выше недостатки и при этом обладает многими преимуществами. Она обладает повышенной маневренностью, большей грузоподъемностью. Применение автосамосвалов с донной разгрузкой при транспортировке дорожно-строительных и ремонтных материалов позволит снизить себестоимость их транспортировки. Высокий клиренс и значительная ширина позволяют качественно распределять материал непосредственно по поверхности участка автомобильной дороги на участках ремонта.

Данные преимущества позволяют сформировать рациональный комплект машин для ремонта асфальтобетонного дорожного покрытия. Повысить скорость выполнения работ за счет сокращения одного технологического звена. Это в комплексе повысит качество проведения работ при ремонте дорог.

УДК 623.3 + 656.02

СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ ДЛЯ АНАЛИЗА
ПАССАЖИРОПОТОКА ДЛЯ ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА

А. М. АВДЕЕВ

Научный руководитель Ф. М. ТРУХАЧЕВ, канд. физ.-мат. наук, доц.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Анализ пассажиропотока является важной задачей при оптимизации движения городского транспорта. Главными факторами для создания маршрутной сети являются направления, распределения по территории обслуживаемого района и мощность пассажиропотока. Под мощностью пассажиропотока подразумевается количество пассажиров, проезжающих в определенный промежуток времени через конкретный участок маршрута. При организации движения пассажирского транспорта стоит уделить внимание неравномерности распределения пассажиропотока. Существует много различных факторов, которые могут повлиять на мощность пассажиропотока. Постоянные факторы: время начала и окончания работы различных предприятий, учебных заведений. Временные факторы: выставки, соревнования и т. п. Для эффективного определения мощности пассажиропотока необходимо своевременное и систематическое получение информация о нем. На текущий момент, для сбора информации об изменении пассажиропотока принято использовать следующие методы [1]: визуальный метод; опросный и анкетный метод; отчетно-статистический метод; табличный метод.

Все вышеперечисленные методы трудозатратны, а также занимают много времени.

Применение программно-аппаратного комплекса «Электронный гид», использующего алгоритмы машинного (компьютерного) зрения, позволит проводить анализ пассажиропотока точнее и оперативнее [2,3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пассажирские автомобильные перевозки: учебник для вузов / Л. Б. Гудков [и др.]; под ред. В. А. Гудкова. – Москва: Горячая линия – Телеком, 2006. – 448 с.: ил.
2. Информационно-рекламная система для общественного транспорта «Электронный гид» / Ф. М. Трухачёв [и др.].
3. **Гуторов, А. И.** Информационные технологии, энергетика и экономика, микроэлектроника и оптотехника, инновационные технологии и оборудование в промышленности, управление инновациями / А. И. Гуторов, Ф. М. Трухачев // Сб. тр. XIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. – Смоленск, 2016. – С. 5761.

УДК 629.73

УПРАВЛЕНИЕ НАГРЕВАТЕЛЬНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ
ИНТЕГРАЛЬНОЙ ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Н. В. ДОРОГОВ, В. А. КУКЛИН, Е. А. БОБИНА, С. А. КАРАНДАШОВ

Научный руководитель М. П. Данилаев, д-р техн. наук, проф.

Казанский национальный исследовательский технический

университет им. А. Н. Туполева

Казань, Россия

Повысить эффективность электротепловых противообледенительных систем (ПОС) возможно за счет использования интегрального нагревательного элемента [1]. Такой элемент имеет гидрофобную поверхность и электрическую проводимость, достаточную для осуществления его нагрева в случае необходимости. Целями данной работы являются создание и экспериментальная проверка электронной системы управления нагревом НЭ интегральной противообледенительной системы (ИПОС), построенной с использованием проводящего фторопласта.

Экспериментальные исследования показали, что для случая сильного обледенения (интенсивность обледенения 1 мм/мин, водность 0,6 г/м³, скорость двухфазного потока 0,1М) при удельной мощности обогрева 1,79 Вт/см² для удаления льда с поверхности время нагрева составило ~15 с. Время паузы между обогревом зависит от допустимой толщины льда и аэродинамического профиля. При допустимой толщине льда на передней кромке 6 мм время паузы составило ~240 с. При таком режиме работы НЭ ПОС энергозатраты на борьбу с обледенением меньше в S раз (S – величина скажности импульсов циклического режима) по сравнению с нагревом постоянным током и составили ~0,1 Вт/см². Сопоставительные данные с эффективностью типовых электротепловых ПОС показывают, что использование ИПОС с системой управления нагревательным элементом позволяет снизить энергозатраты на борьбу с обледенением по сравнению с существующими электротепловыми ПОС ~ 30 %, и рекомендовать интегральную противообледенительную систему на основе фторопластовых пленок к применению в малой и сверхмалой авиации, в том числе и беспилотных ЛА.

Работа выполнена при поддержке гранта российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ № 18-48-160024).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энергетическая эффективность интегральной противообледенительной системы на основе фторопластовых пленок / Е. А. Богослов, М. П. Данилаев, С. А. Михайлов, Ю. Е. Польский // Инженерно-физический журнал. – 2016. – Т. 89, № 4. – С. 812–817.

УДК 621.3.07

КІРАВАНЫ ПЕРАЎТВАРАЛЬНІК АДНАФАЗНАЙ СЕТКІ Ў ТРОХФАЗНУЮ ДЛЯ АСІНХРОННЫХ РУХАВІКОЎ

А. Я. ЗАПОЛЬСКИ

Навуковы кіраўнік Ю. В. КРЫШНЁЎ, канд. тэхн. навук, дац.
Гомельскі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт імя П. В. Сухога
Гомель, Беларусь

Кіраваны пераўтваральнік аднафазнай сеткі ў трохфазную для асінхронных рухавікоў адпавядае наступным характарыстыкам: уваходнае напружанне – аднафазнае, 220 В, 50 Гц; выхадное напружанне – трохфазнае, 220 В, 75 Гц; мінімальная частата выхаднога напружання – 1 Гц; максімальная частата выхаднога напружання – 75 Гц; крок рэгулявання частаты выхаднога напружання – 0,5 Гц; скалярны спосаб кіравання рухавіком; лінейная залежнасць U/f з узвышэннем напружання на нізкай частаце; поўнае выкарыстанне сілкавальнага напружання пры намінальнай частаце; устаноўка частаты выхаднога напружання з захаваннем, а таксама хуткі разгон на яе пры наступных уключэннях пераўтваральніка; магчымасць работы з асінхроннымі рухавікамі магучнасцю да 4 кВт; наяўнасць рэверсу, які дазваляе змяняць кірунак кручэння вала рухавіка; наяўнасць абарон па напружанні і току; наяўнасць індывідуальнасці; наяўнасць энерганезалежнай памяці для захоўвання параметраў запуску рухавіка; наяўнасць сістэмы кіравання, якая складаецца з клавіш і пераменнага рэзістара задання частаты.

Схема пераўтваральніка ўключае ў сябе 3 асноўныя блокі: сілавы модуль з блокам сілкавання, задатчык частаты і вузел індывідуальнасці. Сілавы модуль уключае абароны па току і напружанні. У якасці асноўнага вузла кіравання выкарыстаны 16-разрадны мікракантролер PIC16F648A, які падае сігнал на інвертар. На ўваходзе пераўтваральніка знаходзіцца выпрамнік са згладжваючым фільтрам. Хуткадзейная абарона па току рэалізавана на аснове оптадрайвера HCPL3120 і звязцы біпалярных транзістараў з палярным ключом. Вузел індывідуальнасці пабудаваны на мікракантролеры PIC16F676 і трохразрадным семісегментным індывідуальнасці Kingbright BC56-11. Асноўным вузлом задатчыка частаты з'яўляецца таксама мікракантролер PIC16F676, да якога падлучаны пераменны рэзістар. Пры ручным змяненні супраціўлення адбываецца змяненне частаты выхаднога напружання на рухавік. Для фарміравання выхаднога сігнала пераўтваральніка выкарыстоўваецца мікракантролер PIC16F648A, асноўная функцыя якога – генератар скалярнай трохфазнай прасторава-вектарнай ШІМ. Выхаднае напружанне фармуецца праграмным пераборам інтэрвалаў часу і пераключэннем ключоў інвертара. Кірунак задаецца пераключэннем у пэўнай паслядоўнасці фаз па адліковых інтэрвалах са зрухам у 120° . На выхадзе пераўтваральніка атрымліваюцца сінусоідныя лінейныя вектары напружанняў.

УДК 551.5:629.1.04
ВЛИЯНИЕ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
НА НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

А. Н. КОШКО

Научный руководитель И. В. ПРИХОДЬКО, канд. техн. наук, доц.
Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Беларусь

Проведение испытаний на воздействие климатических факторов позволяет определить работоспособность оборудования при эксплуатации, а также в процессе его транспортировки и хранения. Некоторое оборудование, к примеру электрические машины (ЭМ), при работе способно выделять теплоту в окружающую среду и тем самым менять ее климатические параметры. Особенно это касается ЭМ, работающих в замкнутом пространстве. Допустимый нагрев ЭМ зависит от класса изоляции обмоток, коллектора и связан с величиной нагрузки на валу.

Изоляционные материалы ЭМ при длительном воздействии температур подвержены тепловому старению, в результате чего в них происходят физико-химические изменения, приводящие к увеличению жесткости и возрастанию хрупкости. А если учесть, что ЭМ при работе еще являются источниками вибрации, то это может интенсифицировать выход из строя.

Совокупность воздействующих на элементы электрооборудования климатических факторов и их характеристики определяются климатической зоной, в которой они эксплуатируются. Существенный интерес вызывает эксплуатация ЭМ в условиях, отличных от нормальных. Реальная температура окружающей среды и высота над уровнем моря напрямую связаны с отдаваемой мощностью ЭМ, и, по причине несоответствия, она может работать длительно при температуре, превышающей максимальную рабочую. Это обусловлено изменением ряда параметров среды эксплуатации. С изменением высоты над уровнем моря происходит снижение атмосферного давления и, как следствие, уменьшается плотность воздуха. Таким образом, изменяются свойства охлаждающей среды и ЭМ, работая в тех же режимах, что и на высотах до 1000 м; будет подвергаться значительному перегреву, следствием которого станет сокращение срока ее эксплуатации.

При эксплуатации электрических машин на высотах более 1000 м допустимые превышения температуры должны быть понижены на величину, соответствующую поправке на высоту, а учет влияния климатических факторов на стадии разработки и проектирования оборудования и техники является важным условием, определяющим их длительную и безотказную работу. Особенно это важно при выборе изоляционных материалов, т. к. может послужить толчком для создания новых материалов с необходимыми свойствами и эксплуатационными характеристиками.

УДК 656.025
ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

А. Д. МАКСИМЧУК
Научный руководитель Е. П. КОРСАК
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

На сегодняшний день во многих странах мира большое внимание уделяется экологическим вопросам. Внедрение и развитие экологичных видов транспорта является одним из решений по снижению уровня загрязнения воздуха, позволяет препятствовать глобальному потеплению за счет сокращения выбросов CO₂. Электротранспорт представляет собой вид транспорта, который в качестве источника энергии использует электроэнергию, а его внедрение позволяет значительно уменьшить количество выбросов от транспорта и понизить уровень шумового загрязнения. Развитие электротранспорта является одним из многих процессов перехода экономики к устойчивому развитию. [1]

Различные страны, в том числе и Республика Беларусь, стремятся изменить энергетический баланс производства и потребления энергии в пользу электрической. США, Япония, Корея, Германия, Англия, Франция, Китай и другие страны включили освоение гибридных и электрических технологий на транспорте в число национальных приоритетов и оказывают этому направлению значительную государственную поддержку. В настоящее время во многих странах наблюдается тенденция отказа от продажи автомобилей с бензиновыми и дизельными двигателями. Однако электромобили для рынка автотранспорта все еще являются новым и дорогим продуктом, в передовых странах их реализация стимулируется государственной поддержкой. В Республике Беларусь согласно Указу Президента Республики Беларусь № 92 от 12 марта 2020 г. «О стимулировании использования электромобилей» при ввозе на территорию Республики Беларусь электромобилей для личного пользования будет применяться ставка НДС в размере 0 %.

Таким образом, можно сделать вывод, что зарубежное законодательство, направленное на стимулирование рынка электротранспорта, осуществлялось в два этапа; на первом создавались условия для зарождения рынка, а в дальнейшем не прекращалась поддержка производителей и потребителей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Короткова, С. Д.** Экологичность общественного электротранспорта – реальность или миф? / С. Д. Короткова, Е. И. Матяш // Наука сегодня глобальные вызовы и механизмы развития: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Вологда, 25 апр. 2018 г.: в 2 ч. – 2018. – Ч. 1. – С. 42–44.

УДК 541.138.3
 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ТРЕХХЛОРИСТОГО
 ТИТАНА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Т. И. НОСОВА, А. Д. ЗАЙЦЕВА

Научный руководитель Е. Н. КУЗИН, канд. техн. наук, доц.
 Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
 Москва, Россия

Одним из наиболее успешных направлений, связанных с возобновляемыми источниками энергии, несомненно является производство и эксплуатация сенсibilизированных красителем солнечных батарей (DSSC). В основе батареи лежит наноразмерная пленка диоксида титана, полученного из треххлористого титана методом управляемого золь-гель синтеза [1].

К сожалению, на сегодняшний день промышленный метод получения треххлористого титана требует поддержания высоких температуры и давления (энергозатраты), из-за чего производство треххлористого титана становится достаточно дорогим, что естественно сказывается на конечной стоимости солнечных батарей. Основной задачей проведенного исследования являлась разработка энерго и ресурсосберегающего способа получения треххлористого титана для DSSC элементов.

В ходе электролиза 5-процентного водного раствора тетрахлорида титана (25°C, атмосферное давление) с использованием алюминиевых электродов были получены образцы треххлористого титана (рис. 1).

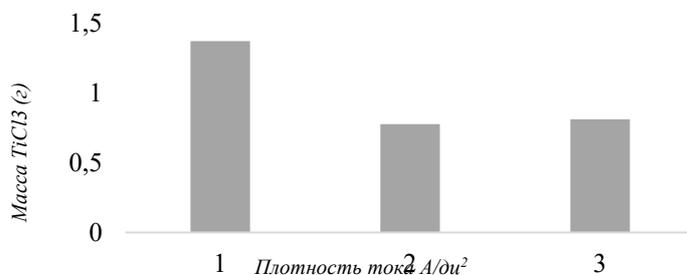


Рис. 1. Выход треххлористого титана в зависимости от силы тока

Из данных диаграммы видно, что с увеличением плотности тока количество треххлористого титана уменьшается, что обусловлено явлением его гидролитического разложения. В рамках работы доказана принципиальная возможность получения треххлористого титана в мягких условиях, что позволит значительно снизить стоимость производства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Aerogel-Based TiO_2 Stable Inks for Direct Inkjet Printing of Nanostructured Layers. *Advances in Materials Science and Engineering* / A. M. Barreiro [et. al]. 2020, 1–9. doi:10.1155/2020/4273097.

УДК 621.313.333
 ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК
 АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Д. А. ПЕТРАЧЕНКОВА

Научный руководитель С. Ю. СЪЯНОВ, канд. техн. наук, доц.
 Брянский государственный технический университет
 Брянск, Россия

В рамках магистерской диссертации разрабатывается автоматизированный лабораторный стенд для изучения механических и электромеханических характеристик частотно-регулируемого асинхронного электродвигателя.

Лабораторный стенд (рис. 1) состоит из следующих элементов: панели оператора ОВЕН СП-310Р; программируемого логического контроллера ПЛК160; персонального компьютера; частотного преобразователя (ПЧ) ВЕСПЕР EI-9011; платы сопряжения с датчиком скорости PG-X2; асинхронного двигателя 4АХБ2П100L4ПБ; двигателя постоянного тока МИ-32 У4; резистора QL100-47R; датчика скорости i58; датчика крутящего момента М425; датчика тока Т201; блоков питания БП14, БП-60С и блока сетевого фильтра БСФ-ДЗ-1.2.

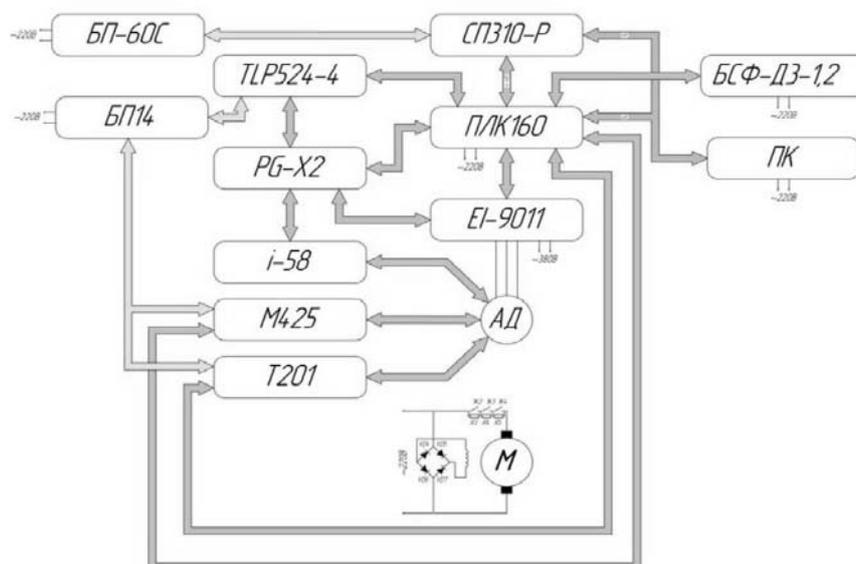


Рис. 1. Лабораторный стенд

Лабораторный стенд позволяет в автоматическом режиме получить механическую и электромеханическую характеристики в различных режимах работы асинхронного электродвигателя.

Лабораторный стенд по сравнению с аналогичными стендами имеет несколько преимуществ, а именно: меньшую стоимость, гибкость в усовершенствовании, легкость в эксплуатации, наладке и ремонте.

УДК 621.9

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ТРАКТОР БЕЗ КАБИНЫ

Н. А. РЫБАКОВ, В. В. ВОРОБЬЁВ

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

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Аграрный сектор постоянно развивается. Ежегодно предлагаются новые инновационные решения для различных сфер агропромышленного комплекса, которые направлены на улучшение бизнеса в направлении сельского хозяйства, повышение эффективности и уменьшение затрат производства.

Наибольшее внимание сельхозпроизводителей сосредоточено в области разработок сельскохозяйственного машиностроения.

Представлена разработка автономной модели трактора, которая способна функционировать без водителя. Инновационный блок включает в себя полностью интерактивный интерфейс, благодаря которому открывается возможность дистанционного управления запрограммированными операциями. Ширина навесного оборудования определяется системой автоматически. Система позволяет построить оптимальные маршруты движения с учетом рельефа местности, препятствий и наличия других транспортных средств на участке работы трактора. С помощью компьютерного интерфейса или портативного планшета оператор может управлять траекторией движения трактора, наблюдая за его работой на расстоянии.

Использование периферийных устройств (таких как радар, лидар, видеокамеры), установленных на тракторе, позволяет технике определять статичные или движущиеся помехи на пути следования. При обнаружении помехи, машина может самостоятельно останавливаться, ожидая команды оператора, предупрежденного о помехе звуковым или визуальным сигналом. Оператору будет предоставлен новый возможный маршрут движения или возможность задать его самостоятельно.

При утрате сигнала SR или данных о местоположении, а также при нажатии кнопки «стоп» трактор сразу прекращает дальнейшее движение. Выполняемые операции машиной могут быть изменены в режиме реального времени с помощью удаленного интерфейса. Можно утверждать, что данная технология может быть эффективно реализована на комбайнах или любой другой технике без использования кабины. Подобную концепцию можно применить на полностью электрических тракторах или тракторах с использованием тягового электропривода с электромеханической трансмиссией. Это снизит расходы на обслуживание и улучшит экологию окружающей среды.

УДК 621.313.12

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ
АВИАЦИОННОГО ВЕНТИЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА

К. В. ТЕРЕЩЕНКО

Научный руководитель А. Г. КАПУСТИН, канд. техн. наук, доц.
Белорусская государственная академия авиации
Минск, Беларусь

Согласно концепции *All electric aircraft*, предусматривающей создание самолетов с полностью электрифицированным оборудованием, разрабатываются перспективные авиационные системы электроснабжения постоянного тока с бесконтактными (вентильными) генераторами. Это вызывает необходимость детального изучения и анализа характеристик генератора и качества электрической энергии в установившихся и переходных режимах работы генераторов и систем в целом.

В работе проведено исследование влияния делящейся коммутации вентилей, демпферных контуров и трансформаторных ЭДС на показатели качества электрической энергии в переходных и статических режимах работы генератора. Показано, что влияние данных факторов на качество электрической энергии необходимо учитывать при разработке оптимальных систем регулирования и защиты вентильных генераторов.

В данной работе исследования по влиянию трансформаторных ЭДС, демпферных контуров и процессов делящейся коммутации вентилей силового выпрямительного блока на динамические и статические характеристики вентильной электрической машины постоянного тока проводились в среде *Matlab* на разработанной математической модели авиационного вентильного генератора мощностью 12 кВт. Математическая модель бесконтактного генератора постоянного тока записана в ортогональных осях d, q .

Анализ результатов имитационного моделирования показывает, что учет демпферных контуров по обеим осям в уравнениях математической модели вентильного генератора оказывает незначительное влияние на протекание переходных электромагнитных процессов лишь на интервале времени, близком к моменту изменения сигналов управления и токов нагрузки.

Анализ кривых изменения напряжения генератора с учетом и без учета процессов делящейся коммутации вентилей силового выпрямительного блока выявил, что пренебрежение влиянием процессов коммутации вентилей приводит к существенному снижению напряжения (до 8...17 %) по сравнению с данными натурального эксперимента при коммутациях нагрузки и изменении сигналов управления.

УДК621.3
РАЗРАБОТКА НАБЛЮДАТЕЛЯ СОСТОЯНИЯ СКОРОСТИ
С УЧЕТОМ ПЕРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ
АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

А. С. ТРЕТЬЯКОВ, О. А. КАПИТОНОВ

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

Наблюдатель состояния на основе MRAS-наблюдателей представляет собой систему из трех частей: базовая модель, адаптивная модель и механизм адаптации. Базовая модель представляет собой эталонную систему асинхронного двигателя, выходным сигналом которой является скорость вращения ротора. Адаптивная модель представляет собой систему уравнений, описывающую оценку выходных сигналов. В качестве механизма адаптации выступает закон адаптации, основанный на ПИ-регуляторе.

Для того, чтобы разработанный наблюдатель работал, необходимо определить параметры Т-образной схемы замещения асинхронного двигателя. Для этого была создана подсистема, которая отвечает за идентификацию параметров схемы замещения. В ее основе лежит система уравнений, которая оценивает сопротивление ротора, индуктивность статора и взаимную индуктивность.

Работает наблюдатель следующим образом. Сначала с помощью преобразователя частоты (как вариант, можно использовать широтно-импульсный преобразователь) на две фазы статора асинхронного электродвигателя подается постоянное напряжение, что позволяет определить активное сопротивление фазы статора в холодном состоянии. После этого проходит идентификация остальных параметров схемы замещения (предварительная идентификация).

После окончания работы данной системы запускается непосредственно наблюдатель состояния скорости, а также наблюдатели состояния переменных состояния активных сопротивлений статора и ротора асинхронного электродвигателя (текущая идентификация). Учитывая, что активное сопротивление фазы ротора является переменным при запуске асинхронного электродвигателя, а также активное сопротивление фазы статора меняется при изменении температуры обмотки статора, то для корректной работы наблюдателя необходима коррекция системы уравнений наблюдателя с учетом изменчивости параметров Т-образной схемы замещения асинхронного двигателя. На данный момент идет коррекция и обкатка наблюдателя состояния с учетом данных переменных состояния активных сопротивлений статора и ротора.

УДК621.3

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ФИЛЬТРАЦИИ СИГНАЛОВ
ПРИ РАБОТЕ С ЦИФРОВЫМ ОСЦИЛЛОГРАФОМ

А. С. ТРЕТЬЯКОВ, А. О. НЕКИПЕЛОВ

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

При настройке системы идентификации параметров Т-образной схемы замещения асинхронного электродвигателя возникла задача обработки сигналов с блока ввода аналоговых сигналов на персональный компьютер.

Дело в том, что в процессе идентификации на испытуемый асинхронный электродвигатель подается напряжение специальной формы, которое формируется с помощью широтно-импульсного преобразователя. Параллельно с электродвигателем снимаются сигналы токов статора. Далее сигналы токов и напряжений проходят преобразование «3 – в – 2» (в основе идентификатора лежит двухфазная модель асинхронного электродвигателя) и поступают на сам идентификатор.

Идентификатор представляет собой систему разностных уравнений, описывающих алгоритм идентификации параметров схемы замещения. Соответственно, каждое уравнение содержит цифровой интегратор. Сигналы токов и напряжений, проходя через него, искажают свою форму и наклон, что приводит к неправильной работе идентификатора. Это связано с тем, что полученные с помощью блока ввода аналоговых сигналов токи и напряжения зашумленные и содержат постоянную составляющую, что и приводит к некорректной работе идентификатора.

Существует много способов решить данную проблему. Решение, которое было найдено, – это применение прямого и обратного преобразования Фурье с целью убрать постоянную составляющую, а также фильтрация сигнала с целью убрать помехи. Кроме того, для гарантированного интегрирования без накопления ошибки интегрирования, что может привести к изменению формы и наклона сигнала, параллельно интегратору была включена отрицательная обратная связь, которая на входе складывается с исходным сигналом после преобразования Фурье, и по алгоритму ПИ-регулятора сводит ошибку интегрирования к нулю.

На кроссплатформенном Фреймворке qt5 было написано приложение, которое реализует идентификацию параметров Т-образной схемы замещения асинхронного электродвигателя с учетом фильтрации сигналов. Эксперименты подтвердили правильность алгоритма и корректность работы идентификатора. Следующим шагом стоит написание адаптивного алгоритма для фильтрации сигналов от любого источника питания.

УДК 662.99

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО
ЖИДКОКЕРАМИЧЕСКОГО ИЗОЛЯЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ
В ЦЕНТРАЛИЗОВАННОМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ

В. П. БЕРЕЗИНА

Научный руководитель М. В. ПАВЛОВ, канд. техн. наук, доц.
Вологодский государственный университет
Вологда, Россия

В современной мировой энергетике актуальность энергосбережения постоянно растет. В РФ энергосбережение также является приоритетным направлением. Данные проблемы остро проявляются при нехватке ТЭР или при неблагоприятных климатических условиях. Наиболее эффективным способом снижения теплопотерь в окружающую среду от трубопроводов тепловых сетей является применение тепловой изоляции [1–3].

Представлены результаты применения термокраски на поверхности магистрального трубопровода. Тепловизором и пирометром оценена энергоэффективность использования современного энергосберегающего утеплителя [1–3]. По анализу термограмм и показаний пирометра установлены абсолютные отклонения температуры изолированного участка трубопровода от температуры неокрашенного участка: 5...10 °С. Исследования показали, что утепление трубопровода термокраской типоразмером 250 × 6 толщиной в 1 мм позволит сэкономить в год 126,1 м³ природного газа на 1 п. м трубопровода, что в денежном эквиваленте составит 610 р. РФ на второе полугодие 2020 г. Срок окупаемости энергосберегающего мероприятия – полгода. Увеличение толщины слоя термокраски не является экономически выгодным. Так, при толщине термокраски в 1 мм экономия усл. т равна 65 %, а при толщине в 1,5 мм она увеличится всего на 8 % [2].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Березина, В. П.** Современные теплоизоляционные материалы для повышения теплозащитных свойств ограждающих конструкций зданий и энергоэффективности инженерных систем / М. В. Павлов, Д. Ф. Карпов, В. П. Березина. – Саратов: СГТУ им. Ю. А. Гагарина, 2020. – С. 81–87.

2 Assessment of energy efficiency of application heat-insulating paint for the needs of district heat supply systems / M. Pavlov, D. Karpov, I. Akhmetova, N. Monarkin // HSTED-2020: E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 178. – P. 01004.

3. **Карпов, Д. Ф.** Тепловые методы и средства контроля теплопроводности термокраски / Д. Ф. Карпов // Вестн. БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2019. – № 2. – С. 61–68.

УДК 004.81

ГЕНЕРАЦИЯ ТЕКСТОВ,
ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ПРЕДОСТАВЛЕННОМУ ОБРАЗЦУ

Е. Д. ГУМЕННИКОВ

Научный руководитель И. А. МУРАШКО, д-р техн. наук, доц.
Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого
Гомель, Беларусь

Автоматическая генерация эквивалентных текстов заключается в автоматическом написании текста, семантически идентичного предоставленному образцу. Система, способная качественно решать данную задачу, может быть применена в таких отраслях, как построение чатботов, разработка голосовых интерфейсов, а также для автоматизации работы «копирайтеров».

Исходными данными для такой программы служит фрагмент текста – образец. Выходными же данными будет текст, эквивалентный предоставленному, но содержащий другие формулировки.

Решение описанной задачи с помощью применения простой рекуррентной нейронной сети имеет некоторые недостатки, обусловленные тем, что такая архитектура не имеет механизма «памяти», что накладывает серьезные ограничения на способность данной системы оценивать контекст встречающихся в тексте слов. Однако *LSTM*-сеть обладает такой памятью. Предложенное решение базируется на нейронной сети данной архитектуры.

В основе предложенной нейросетевой модели генератора эквивалентного текста лежит модель *seq2seq*. Данная модель базируется на архитектуре *LSTM*. Оригинальный текст по слову подается на вход *LSTM* нейронной сети, играющей роль кодировщика. Выход этой сети есть состояние ячейки, полученное при обработке текущего элемента исходного текста и предыдущего состояния ячейки. Полученный вектор подается в качестве входных данных для второй *LSTM*-сети, которую называют декодировщиком. Ее предназначение состоит в генерации очередного слова-эквивалента. Данный вектор в описанной модели называется вектором промежуточного представления. Промежуточное представление используется в популярных нейросетевых моделях, предназначенных для решения задач автоматического перевода, и, как правило, представляет граф, кодирующий входной текст. Система-переводчик генерирует выходной текст на основе данной промежуточной структуры. Подобная модель может быть успешно применена для решения задачи генерации эквивалентных текстов.

LSTM-сети являются наилучшей архитектурой для решения задач обработки последовательностей и решения задач, связанных с обработкой текстов. Однако качество выполнения тех или иных задач связано не только с архитектурой, лежавшей в основе нейронной сети. Огромную роль также играет качество и объем данных, предоставленных сети для обучения.

УДК 621.314:52-17
МОДЕЛЬ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ

О. Г. КАРАЧУН

Научный руководитель А. Г. КАПУСТИН, канд. техн. наук, доц.
Белорусская государственная академия авиации
Минск, Беларусь

Необходимость в разработке научно обоснованных алгоритмов технической диагностики подтверждают результаты исследований, по которым установлено: специалист 25 % времени тратит на определение места отказа, 62 % – на определение неисправной детали, 13 % времени – на устранение отказа.

Чтобы использовать математические методы для анализа информации о состоянии объекта и снизить стоимость получения этой информации на этапе проектирования, создается модель диагностического объекта. В качестве диагностируемого объекта выбрана система электроснабжения воздушного судна.

При разработке модели причинно-следственных связей предполагается, что объект диагностики может быть представлен как функционально взаимосвязанные блоки. На основании вышеизложенного была разработана функциональная модель системы электроснабжения воздушного судна, включающая следующие компоненты: генератор; регулятор напряжения генератора; *GCB*; шина переменного тока; *ELCU*; блок трансформаторов и выпрямителей (*TRU*); потребители переменного тока; потребители постоянного тока. Система первичного распределения электроэнергии состоит из *GCB*, шины переменного тока и *ELCU*. Система вторичного распределения электроэнергии включает в себя потребители переменного и постоянного тока.

Для исключения неразличимых состояний следует блоки, охваченные обратной связью, объединять в один с одним входным и выходным сигналом. Блоки генератора, регулятора напряжения и *GCB* охвачены общей обратной связью. Следовательно, данные блоки объединяются в один.

Разработанная модель позволяет проследить причинно-следственные связи между функциональными компонентами сложной системы и после анализа данных связей уникально определить все возможные состояния системы и необходимые проверки. Определяя все состояния системы, составляются таблица проверок и соответствующие алгоритмы по диагностике. Функциональным моделям не присущ основной недостаток аналитической модели – сложные вычисления для определения единой передаточной функции всего объекта. Такая модель, в отличие от информационных моделей, имеет большую глубину и полноту описания.

УДК 664.7
ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО МЕТОДА
ДЛЯ ОЦЕНКИ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА
ИЗМЕЛЬЧЕННЫХ ЗЕРНОВЫХ ПРОДУКТОВ

К. С. МАСЛОВА

Научный руководитель М. А. НОВИКОВА
Национальный исследовательский университет
Смоленск, Россия

Для зерновых продуктов основными характеристиками, определяющими основные этапы процесса переработки, параметры и рабочие режимы технологического оборудования, являются гранулометрические характеристики зерна [1]. Таким образом, проблема определения размера частиц весьма актуальна, а разработка оптимального метода определения размера частиц требует особого внимания.

В настоящее время для определения размера частиц размолотого зерна используются несколько методов, но все они имеют значительные недостатки, такие, например, как невысокая степень точности и большое количество времени, требующееся для оценки с более высокой степенью точности. Вышеобозначенные факты обуславливают необходимость внедрения высокоточных экспресс-методов определения гранулометрических характеристик зерна. В данном случае предлагается люминесцентный метод, позволяющий быстро получить необходимые значения характеристик. Анализ результатов, полученных при использовании люминесцентного метода, свидетельствует о высокой эффективности метода. Данные могут быть использованы для построения градуировочных графиков, описывающих зависимость потока люминесценции от среднего размера частиц зерна. На их основе разработан спектральный метод анализа гранулометрических характеристик зерновых продуктов, который позволяет быстро, эффективно и точно получить значимые результаты.

Внедрение разработанного метода в технологический цикл переработки зерновых продуктов позволит сократить экономические затраты на контрольные мероприятия и будет способствовать повышению эффективности промышленной переработки зерновой продукции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Belyakov, M. V.** Control of bulk products' humidity and grinding size by the photoluminescent method photoluminescent quality control // M. V. Belyakov, M. G. Kulikova / Food Processing and Preservation. – <https://doi.org/10.1111/jfpp.14640>.

УДК 621.7.04 (7-5):669.018
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН НЕРАВНОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТАЛЬНЫХ СОСУДОВ
НА ВЫХОДЕ ПРОКАТНО-ПРЕССОВОЙ ЛИНИИ

В. А. МЕДВЕДЕВ

Научный руководитель Р. Л. Шаталов, д-р техн. наук, проф.
Московский политехнический университет
Москва, Россия

В машиностроении России в последнее время всё чаще используют комбинированную технологию горячей винтовой прокатки с дальнейшей калибровкой штамповкой для выпуска круглых стальных сосудов с дном ответственного назначения. Вот почему всё чаще для этих целей применяют автоматизированные прокатно-прессовые линии (ППЛ). Технология предусматривает предварительный индукционный нагрев до температуры выше 1100 °С раскромленных из цельного прутка заготовок. Выдержка в печи сопротивления позволяет выравнивать градиент температур по высоте и сечению прутков-заготовок перед вытяжкой и прошивкой на винтовом стане, обеспечивая высокие значения пластичности и мгновенную рекристаллизацию металла по объёму черновых сосудов. Нестационарные условия термо-деформационного формоизменения и охлаждения от обрабатывающего инструмента при прокатке на встроенных в ППЛ винтовых станах приводят к отклонениям от оси черновых сосудов, а также к неравномерности нагрева металла около 100 °С, которая сохраняется вследствие дальнейшей операции калибровки штамповкой на винтовых прессах различных модификаций.

Неравномерность нагрева стальных сосудов по высоте на выходе ППЛ влияет на формирование неоднородности механических свойств при дальнейшей закалке вне зависимости от среды охлаждения.

На предприятии АО «НПО «Прибор» разработана методика оценки механических свойств сосудов из стали 50 на выходе ППЛ неразрушающим методом. Для этого сравнивали фактические изменения прочностных и пластических свойств металла, измеренных на разрывной машине Instron mod.3382 по ГОСТ 1497-84, и остаточную намагниченность помещённых в катушку индуктивности сосудов с известными свойствами.

Установлено, что при охлаждении в масле перегретой области сосуда формируются повышенные прочностные и умеренные пластические свойства металла: $\sigma_{0,2} - 566$ МПа, $\sigma_B - 959$ МПа, $\delta - 11$ % при ЭДС – 1,7 В.

При охлаждении в масле недогретой области сосуда формируются повышенные пластические и умеренные прочностные значения металла сосудов: $\sigma_{0,2} - 514$ МПа, $\sigma_B - 714$ МПа, $\delta - 13$ % при ЭДС – 1,5 В.

УДК 528.74

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ РАДАРНЫХ ДАННЫХ
С СИНТЕЗИРОВАННОЙ АПЕРТУРОЙ

А. В. МЕЛЬНИК, А. В. УЛЬ

Волынский национальный университет им. Леси Украинки
Луцк, Украина

Ю. А. МЕЛЬНИК

Луцкий национальный технический университет
Луцк, Украина

Преимуществом данных Sentinel-1 является открытый доступ, большая частота съемки (каждые шесть суток) одной и той же территории под одинаковым углом двумя космическими аппаратами с полосой обзора 250 км. Для оптимизации времени обработки данных дистанционного зондирования, полученных с Sentinel-1, целесообразно избирать отдельные полосы изображения, непосредственно отвечающие области интереса.

Важным пунктом предварительной обработки материалов ДЗЗ является коррекция данных с использованием высокоточных данных орбит спутников. Векторы состояния орбиты, предоставленные в метаданных SAR, как правило, не являются точными и могут быть уточнены с помощью точных файлов орбит.

Для технологии InSAR необходимым условием является взаимная регистрация двух отдельных изображений (главного и дополнительного) с использованием данных точной орбиты и цифровой модели рельефа (ЦМР) области интереса. В качестве ЦМР чаще всего используют свободно доступные данные SRTM 1 Sec. В идеальном случае идеальных параллельных орбит и уравниваемых измерений совместная регистрация требует лишь компенсации геометрии через разный угол съемки.

Формирование изображения интерферограммы предусматривает попиксельное вычисление эрмитовых скалярных произведений главного и дополнительного совместно зарегистрированных спектрально смещенных отфильтрованных изображений [1]. Данная операция предусматривает, что интерферограмма формируется при угле съемки и наклонном расстоянии главного изображения, а ее фаза – разница между фазой главного изображения и фазой дополнительного изображения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Досвід застосування радарних даних із синтезованою апертурою для моніторингу деформацій / А. Уль [та інші] // Геофорум-2020: мат. 25-ї Міжнар. наук.-техн. конф., 1–3 квітня 2020 р. – Львів: Львівська політехніка, 2020. – С. 84–85.

УДК 621.372.8:535

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТРАЖАТЕЛЬНОГО ТЕРАГЕРЦОВОГО СЕНСОРА ГЛЮКОЗЫ В РАСТВОРЕ

С. С. МИХЕЕВ

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

Проблема создания эффективного неинвазивного сенсора для контроля концентрации глюкозы в растворе заключается в необходимости повышения его чувствительности. В диссипативных структурах пленки-подложки при определенных углах падения излучения на структуру и на определенных частотах может быть реализовано нулевое отражение от структур волн как s-, так и p-поляризации. В качестве параметров, характеризующих чувствительность сенсора, приняты производные $(\partial \rho_\alpha / \partial A)_{A=0}$, $(\partial \varphi_\alpha / \partial A)_{A=0}$, где $\rho_\alpha = |r_\alpha / r_\alpha^{(0)}|$, $\varphi_\alpha = \arg(r_\alpha) - \arg(r_\alpha^{(0)})$, r_α – плосковолновой коэффициент отражения от сенсора волны p- либо s-поляризации, $A = 0.00074C$, C – концентрация глюкозы в растворе (г/л), $M_\rho^{(\alpha)} = \log_{10} \left(\max_f |(\partial \rho_\alpha / \partial A)_{A=0}|_{A=0} \right)$, $M_\varphi^{(\alpha)} = \log_{10} \left(\max_f |(\partial \varphi_\alpha / \partial A)_{A=0}| \right)$. На рис. 1 показаны угловые зависимости чувствительностей отражательных сенсоров двух типов – сенсора призмного типа (а), в котором использован эффект нарушенного полного внутреннего отражения, и предлагаемого пленочного сенсора (б).

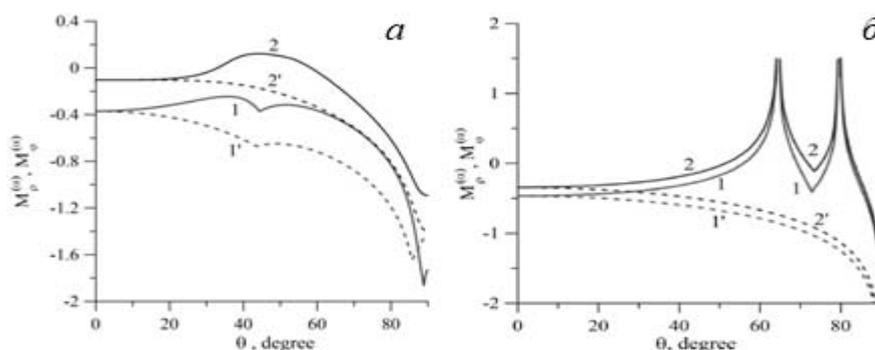


Рис. 1. Сплошные кривые: 1 – $M_\rho^{(p)}(\theta)$; 2 – $M_\varphi^{(p)}(\theta)$; штриховые кривые: 1' – $M_\rho^{(s)}(\theta)$; 2' – $M_\varphi^{(s)}(\theta)$

Согласно рис. 1 чувствительность известного отражательного сенсора растворов незначительна и проблему ее максимизации позволяет решить использование пленки, отделяющей раствор от воздуха.

Работа выполнена в рамках задания 1.3.03 ГПНИ «Фотоника, опто- и микроэлектроника», НГР 20161316.

УДК 629.7.064.5

ДИАГНОСТИКА ОПОР ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ

А. А. НАГУЛА

Научный руководитель А. Г. КАПУСТИН, канд. техн. наук, доц.
Белорусская государственная академия авиации
Минск, Беларусь

Предлагается бесконтактное устройство для диагностики опор подшипников качения электрических генераторов. В качестве диагностирующего признака выбрана траектория радиального движения цапфы ротора генератора в случае перекоса внешнего кольца подшипника. Электрический сигнал, пропорциональный траектории движения ротора, формируется обмоткой индуктора электрического генератора.

Показано, что воздушный зазор между статором и ротором генератора эквидистантно повторяет траекторию движения цапфы ротора. В случае перекоса внешнего кольца подшипника траектория движения цапфы изменяется, соответственно, изменяется магнитная проводимость воздушного зазора, что обуславливает появление сигнала в обмотке индуктора генератора.

Составлена математическая модель траектории радиального движения цапфы ротора в случае перекоса внешнего кольца подшипника. Получены аналитические зависимости движения цапфы ротора и его радиального перемещения в направлении осей X и Y (горизонтальной и вертикальной).

Преобразование колебательного движения ротора в электрический сигнал исследовалось как методом имитационного моделирования в среде *Matlab*, так и экспериментально. Установлено, что сигнал является функцией времени и при моделировании представлялся рядом Фурье.

В результате исследований определены допустимые значения радиального зазора в исправных подшипниках и соответствующие им значения сигнала, оценка которого производилась по амплитуде первой гармонической составляющей сигнала индуктора.

В силу того, что обмотка индуктора генератора является источником сигнала, несущего информацию о радиальном зазоре в подшипниковых опорах, она может быть использована в качестве рецепторной части устройства диагностики подшипников при функционировании генератора.

Предложенная модель источника сигнала позволяет определить допустимые его значения, соответствующие нормальному режиму работы подшипниковых опор.

УДК 614.8

ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ РАДИАЦИОННЫХ АНОМАЛИЙ

П. С. ОРЛОВСКИЙ, О. И. ФЕДОССЕВ

Научный руководитель А. В. ЩУР, д-р биол. наук, доц.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Аварии на ядерных объектах, как показывает практика, приводят к значительному радиоактивному загрязнению прилегающих территорий.

Опыт, полученный при ликвидации катастроф на Чернобыльской АЭС и Фукусиме, требует наличия возможности точного геопозиционирования радиационных аномалий с учетом нуклидного состава и мощности излучения [1].

Применение самоходных роботов для проведения разведки не всегда эффективно из-за высоких доз гамма-излучения, способных выводить электронику из строя. Воздушная и космическая разведка аномалий не всегда целесообразна, т. к. достаточно большая плотность приземного слоя атмосферы снижает точность гамма-съемки из-за возможной фрактальности и малых размеров аномалий, а также относительно небольшого пробега в воздухе низкоэнергетических гамма-квантов. Альфа- и бета- частицы имеют очень незначительный пробег в воздушной среде и практически не фиксируются аэрокосмическими средствами. Также существует проблема воздушного контроля нейтронных аномалий, возникающих при авариях на ядерных объектах.

В настоящее время рассматривается возможность использования квадрокоптеров с установленной на них автоматизированной системой спектрометрического контроля радиационного фона и идентификации радионуклидов. При этом необходимо устанавливать автоматизированную систему уклонения от воздействия мощных радиационных аномалий путем набора высоты при резком повышении фона.

Следует отметить, что в настоящее время опыта применения квадрокоптеров для поставарийной разведки мощных радиационных аномалий не накоплено, что требует дальнейшей разработки данного направления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орловский, П. С. Прогнозирование риска для жизнедеятельности населения в результате техногенных аварий с выбросами радионуклидов / П. С. Орловский, В. И. Гуменюк, А. В. Щур / Неделя науки Санкт-Петербург. политехн. ун-та: материалы науч. форума с междунар. участием. Высшая школа техносферной безопасности. – Санкт-Петербург: Политехн. ун-т, 2018. – С. 139–142.

УДК 658.5

ПАРАМЕТРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО ДЕТАЛЕЙ, ПОЛУЧАЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЕЙ ГАЗОВОЙ ФОРМОВКИ

И. С. ПЕТУХОВ, Ю. А. СЕПЕСЕВА

Московский политехнический университет
Москва, Россия

Для получения тонкостенных деталей из титановых сплавов (рис. 1) применяется технология газовой формовки в режиме сверхпластичности материала в определенном температурном диапазоне. Для титановых сплавов данный диапазон составляет 700...900 °С. Рассматриваемая технология газовой формовки успешно внедрена на предприятии ракетно-космической отрасли. Главным ее преимуществом при изготовлении деталей из титана, в отличие от существующих технологий (горячая штамповка, штамповка взрывом и др.), является то, что она позволяет получить деталь с окончательной переменной толщиной в пределах установленного допуска, т. е. применять дополнительную механическую обработку не требуется.



Рис. 1. Деталь из титанового сплава

Процесс газовой формовки титановых полусфер является трудоемким и дорогостоящим, следовательно, вопрос качества получаемых деталей занимает важное место. Определены параметры, оказывающие влияние на качество деталей в процессе изготовления (табл. 1), и разработаны (предложены) методы управления ими.

Табл. 1. Параметры, влияющие на качество деталей

1 Качество заготовки (размер, химический состав, дефекты поверхности, шероховатость, отклонение от плоскостности, механические свойства)
2 Оператор
3 Схема и режим нагрева
4 Время нагрева до подачи газа
5 Смазывающий материал матрицы
6 Коэффициенты черноты и поглощения на поверхностях стоков тепла
7 Качество технологического оборудования (штамп)

УДК 621.317.785(085)(476)
ОБЗОР ПОВЕРОК РАСХОДОМЕРОВ НА ИСХОДНОМ ЭТАЛОНЕ
ЕДИНИЦ МАССОВОГО И ОБЪЕМНОГО РАСХОДА ВОДЫ «ЭТАЛОН»

С. В. РЫБЧАК, К. В. ЮРГАНОВ

Научный руководитель П. К. Нагула, канд. техн. наук
Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны
НАН Беларуси
Минская обл., Беларусь

Исходя из пятилетнего опыта поверок и калибровок средств измерений на исходном эталоне единиц массового и объемного расхода воды «Эталон», находящемся в Государственном научном учреждении «Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны» Национальной академии наук Беларуси, представлены результаты анализа ситуации на рынке продаж и потребления расходомеров в Республике Беларусь.

Наиболее распространенным в промышленности Республики Беларусь типом расходомеров является электромагнитный. Это обусловлено выгодным соотношением цены и точности прибора, надежностью, широкой областью применения: напитки (фруктовый сок, пиво, вино); молочные продукты, фруктовые смеси; солевые растворы; кислотные и щелочные растворы и др.

Массовые расходомеры занимают второе место по распространенности. Они востребованы благодаря своей высокой точности (0,1 %) измерения расхода, а также плотности и температуре используемой среды, несмотря на высокую стоимость относительно других типов приборов. Такая высокая точность используется в нефтеперерабатывающей промышленности, пищевой промышленности (в основном, на приемке-отгрузке).

Следующими по распространенности являются вихревые расходомеры. Из-за низкой точности их применение ограничено.

Установка современных приборов массовой расходомерии с малой относительной погрешностью измерения массы на узлах учета является подходящей, несмотря на их дороговизну.

Экономический эффект делает установку таких приборов быстро окупаемой за счет:

- увеличения точности, надежности и объективности измерений;
- уменьшения безвозвратных потерь при отпуске нефтепродуктов;
- автоматизированного сбора, обработки и передачи информации об измеряемой среде.

УДК 663.93

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ИЗМЕЛЬЧЕННОГО ЗЕРНОВОГО КОФЕ
С РАЗЛИЧНЫМИ СТЕПЕНЯМИ ПОМОЛА

М. Д. САМАРИН

Научный руководитель М. Г. КУЛИКОВА, канд. техн. наук, доц.
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске
Смоленск, Россия

Кофе – это один из наиболее популярных и распространенных напитков. Свою известность он получил благодаря своему уникальному вкусу и аромату, а также полезному влиянию на организм человека.

На финальный вкус готового кофейного напитка влияет не только качество зерен и сорт, но и степень измельчения зернового кофе, от которой будет зависеть вкус, крепость и аромат напитка. Чем мельче измельчено кофейное зерно, тем больше общая поверхность и тем быстрее и лучше извлекаются из него вещества. Однако это не означает, что нужно всегда использовать только тонкий помол. В основном различают пять степеней помола кофе: крупный (для френч-пресса), средний (для кофемашины), мелкий (для турки), для «эспрессо» и порошкообразный (для кофе «по-турецки»).

Исследование спектров люминесценции измельченных кофепродуктов выполнялось на основе аппаратно-программного комплекса, который состоит из многофункционального спектрофлуориметра «Флюорат-02-Панорама», компьютера с установленным программным обеспечением «Рапота Pro» и внешней камеры для исследуемых образцов [1].

В ходе работы были исследованы спектры люминесценции и возбуждения молотого кофе с целью выявления зависимости между величиной потока люминесценции и размером частиц. Полученные данные были математически обработаны – найдены точки максимума и соответствующая им длина волны, рассчитано значение определенного интеграла для кривой, физический смысл значения которого – это численная величина потока люминесценции. Расчетные значения были аппроксимированы степенной функцией, и полученное уравнение в дальнейшем будет использовано для разработки оптического контроля степени измельчения измельченных кофепродуктов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Беляков, М. В.** Разработка фотолюминесцентного метода определения влажности продукции растениеводства / М. В. Беляков, М. Г. Куликова, М. А. Новикова // Научная жизнь. – 2016. – № 10. – С. 4–11.

УДК 528.74

РАДАРНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ СНИМКИ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПОСЛЕДСТВИЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

А. В. УЛЬ, А. В. МЕЛЬНИК

Волынский национальный университет им. Леси Украинки
Луцк, Украина

Ю. А. МЕЛЬНИК

Луцкий национальный технический университет
Луцк, Украина

Технология спутниковой радарной радиолокации с синтезированной апертурой является средством анализа данных дистанционного зондирования, дающего возможность одновременно оценивать цифровые модели рельефа и осуществлять мониторинг динамики земной поверхности. Вертикальные смещения земной поверхности в результате землетрясений в период с 28.12.2019 по 07.01.2020 гг. в юго-западной части о. Пуэрто-Рико были оценены по технологии InSAR. Технология спутниковой радарной радиолокации с синтезированной апертурой в сочетании с ГИС, предложенная в [1], позволяет точно, экономично, удобно и эффективно осуществлять мониторинг деформации земной поверхности на значительных территориях в определенный момент времени. Дискретность полученных данных дистанционного зондирования обеспечивается повторными съемками каждые 6 сут.

Данная методика была использована для определения вертикальных деформаций юго-западной части о. Пуэрто-Рико. В результате получены интерферограммы и геоизображения вертикальных смещений исследуемой территории. Максимальные смещения составляют в прибрежной полосе залива Cayo Mata $-0,217$ м, а максимальное зафиксированное значение подъема земной поверхности составляет $0,097$ м вглубь острова. Предложенная методика обработки данных спутниковой радарной радиолокации с синтезированной апертурой, полученных с космических аппаратов Sentinel-1 в программной среде Sentinel Application Platform (SNAP) 7.0 с последующей визуализацией в ГИС QGIS, позволяет определять вертикальные деформации поверхности, в том числе для оценки последствий землетрясений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельник, А. В. Классификация лесных массивов по данным Sentinel-2 / А. В. Мельник, П. В. Манько, С. В. Синий // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых, Могилев, 25–26 окт. 2018 г. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2018. – С. 163.

УДК 004.42

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБУЧЕНИЯ ИТ-СПЕЦИАЛЬНОСТЯМ
ПОСРЕДСТВОМ ОЛИМПИАДНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Д. А. АВАНЕСОВ, О. В. СЕРГИЕНКО

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

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Современная система общего среднего образования Республики Беларусь предоставляет возможности для выявления и развития талантливых учеников, в том числе в сфере программирования. Этому способствуют изучение программирования на уроках информатики, развитие математического аппарата на уроках математики и участие в школьном олимпиадном движении.

Ученики, проявляющие интерес к изучению программирования в школе и имеющие высокие баллы по ЦТ, в большинстве случаев выбирают ИТ-направление для получения высшего образования.

В Республике Беларусь в настоящее время получить специальность программиста можно более чем в 30 вузах, расположенных в каждом областном и некоторых районных центрах. Учебные планы каждой такой специальности обязательно содержат дисциплины, позволяющие изучать основы алгоритмизации и программирования. Данные учебные дисциплины ставят своей целью формирование фундаментальных базовых знаний в области программирования на языке высокого уровня. Знания, полученные в результате изучения основ программирования, служат базой при изучении других дисциплин, связанных с конкретной прикладной областью.

Высокий умственный потенциал студентов должен быть применен при подготовке специалистов, не только обладающих прикладными профессиональными знаниями и умениями, но и имеющих нестандартное творческое мышление. Такие специалисты смогут решать нестандартные задачи и использовать максимально эффективные методы решения распространенных проблем.

Использование элементов олимпиадного программирования при изучении основ алгоритмизации, при изучении дисциплин профессионального цикла позволяет максимально полно раскрыть потенциальные способности студенческого контингента, обучающегося ИТ-специальностям. Обучение студентов Белорусско-Российского университета по образовательным программам Российской Федерации позволяет в полной мере задействовать студенческий потенциал, дает возможность студентам максимально себя реализовать и в будущем стать высококвалифицированными программистами.

УДК 004.9

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ ПРИ ПОМОЩИ ИТ-ТЕХНОЛОГИЙ

А. А. ДЕМИДЕНКО

Научный руководитель А. И. ДЕМИДЕНКО, канд. техн. наук, доц.
Брянский государственный технический университет
Брянск, Россия

Системы пожарной безопасности весьма консервативны, и в них не часто приходят новые технологии. Это вполне объяснимо, поскольку на кону жизни людей. Однако сегодня обойтись без ИТ-технологий уже просто невозможно.

Цифровизация систем пожарной безопасности поможет решить ряд принципиальных вопросов: оперативная передача информации о внештатной ситуации сразу всем ответственным лицам, упрощение дальнейшего расследования инцидента, подробный анализ и диагностика состояния системы, повышение общего уровня пожарной безопасности объекта.

Соединение всех датчиков в единую сеть поможет передавать информацию о пожаре или задымлении напрямую лицам, ответственным за соблюдение режима пожарной безопасности, а также экстренным службам. Кроме того, такая система впоследствии поможет провести расследование и установить причину и виновников возникновения внештатной ситуации.

Единая система оповещения о пожаре, объединяющая все противопожарное оборудование, подключенное к сети, в одно информационное пространство, не только существенным образом повышает оперативность реагирования на инцидент, но и позволяет вовремя выявить неисправное оборудование, что в целом существенным образом повышает пожарную безопасность объекта. Кроме того, это сокращает временные и денежные затраты на обслуживание противопожарного комплекса.

Применение машинного обучения позволит вовремя находить и ликвидировать очаги возгорания ещё в самом начале. На практике это будет способствовать снижению количества пострадавших, а также снизит нагрузку на экстренные службы.

В связи с этим представляется вполне разумным создание стандартизированного комплекса, состоящего из камер, датчиков задымления и других вспомогательных систем для бюджетных учреждений.

На текущий момент государство является самым крупным заказчиком в стране, и повсеместное внедрение подобных систем даст ощутимый импульс российским производителям противопожарных систем, что в условиях кризиса и снижения количества заказов является жизненно важным для поддержки российской промышленности.

УДК 004.42:669

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО
АЛГОРИТМА В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВА

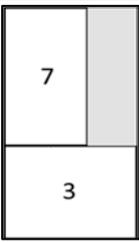
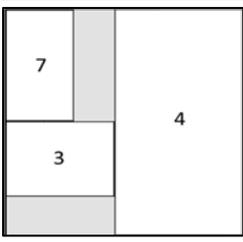
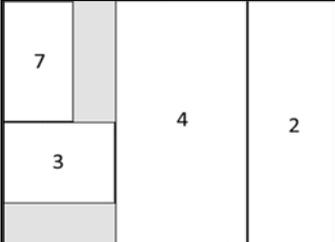
Д. А. ДЕНИСЕВИЧ

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

Генетический алгоритм – это алгоритм, который используется для решения задач оптимизации и моделирования путем случайного подбора популяции, индивидуумов в популяции, хромосом, где определение оптимального решения основано на комбинировании (скрещивании генов) и вариации параметров (мутации) с использованием механизмов, аналогичных естественному отбору в природе.

Гены строятся на основании пары (пар) изделий и оператора H или V , который определяет расположение двух изделий (нескольких пар изделий) по горизонтали или вертикали, стоящих перед оператором. Допустим, оптимальным решением в популяции выбран N_i – индивидуум с хромосомой «7 3 V 4 H 2 H». Идея декодирования хромосомы реализуется посредством стека. Осуществляется чтение последних двух элементов стека. Последние два элемента складываются и удаляются из стека. Объединенная часть, полученная в результате сложения, записывается в стек. Чтение производится, пока в стеке не окажется один элемент (табл. 1).

Табл. 1. Интерпретация хромосомы «7 3 V 4 H 2 H»

		Гены			
Номер изделий		3	4	2	
		7	7,3	7,3,4	7,3,4,2
Оператор		V	H	H	
Фенотип					

При исследовании генетического алгоритма разработана программа для формирования карт раскроя и расчета критерия «бесполезный материал». Критерий «бесполезный материал» P – разница площади прямоугольника, охватывающего все изделия на листовом материале, и суммы площадей изделий. При тестировании алгоритма проведен анализ результатов по критерию «бесполезный материал», где разница P составляет не более 4 %.

УДК 621.771

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МЕДИЦИНСКИХ ОСМОТРОВ ЭСМО

Ю. И. КУЗИЧЕВ

Научный руководитель А. В. ВОЛОКИТИН, канд. техн. наук, доц.
Карагандинский индустриальный университет
Темиртау, Казахстан

Специалисты компании «Квазар» создали систему ЭСМО как ответ на вызовы современного бизнеса, когда производство становится все более технологичным, процессы ускоряются, а технологии молниеносно сменяют друг друга. ЭСМО позволяет полностью исключить человеческий фактор из процесса медицинского освидетельствования сотрудников, как до смены, так и после нее. Система полностью автоматизирована и способна проводить массовые медицинские осмотры сотрудников в считанные минуты. Собственное программное обеспечение легко интегрируется в любые базы данных (Oracle, 1С, SAP и т. д.) предприятия.

Когда требуется управление сложными механизмами, контроль за опасными процессами, просто четкий и ясный взгляд – везде система ЭСМО обеспечивает должный уровень безопасности. Система позволяет исключить человеческий фактор, учесть только объективные показания приборов – может ли сотрудник приступать к рабочим обязанностям или нет. Осмотр занимает считанные минуты (рис.1) и не требует присутствия медицинского работника.

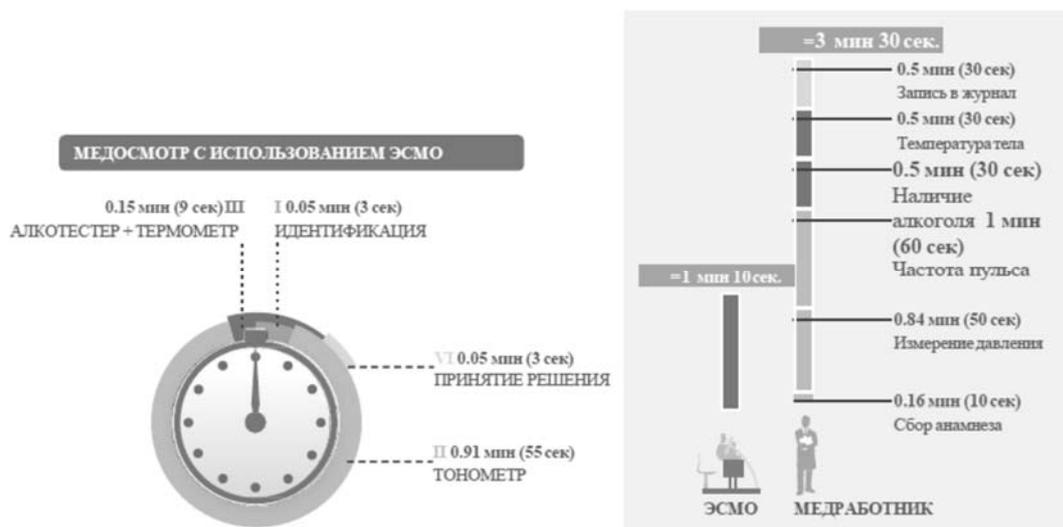


Рис. 1. Сравнение времени прохождения медосмотра

Кроме того, система ведет запись всех данных, в том числе видео- и фотоматериалов, и отправляет статистические отчеты во все заинтересованные отделы. Все спорные вопросы решаются поднятием архивных данных.

УДК 534.131
 ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО
 ПОКРЫТИЯ ЗАЩИТНОГО ЭЛЕМЕНТА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

А. В. КУПРЯШОВ

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

На сегодняшний день конечно-элементное моделирование является основным инструментом расчетного решения задач устойчивости и динамики конструкции. Главное его преимущество в универсальности как средства для анализа конструкций.

При динамическом анализе рассматривается элемент защиты системы управления двигательного блока летательного аппарата – флор, геометрическая модель которого создана с помощью программного комплекса Femap with NX Nastran. На рис. 1 представлены геометрическая и конечно-элементная модели исследуемого объекта.

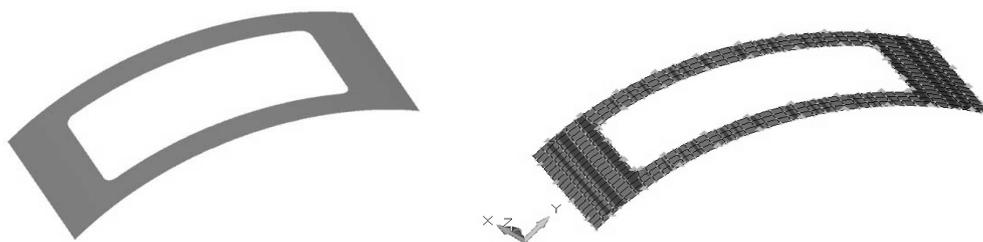


Рис. 1. Геометрическая и конечно-элементная модели флора

Результаты динамического анализа картины трех собственных форм колебаний и значения частот представлены на рис. 2.

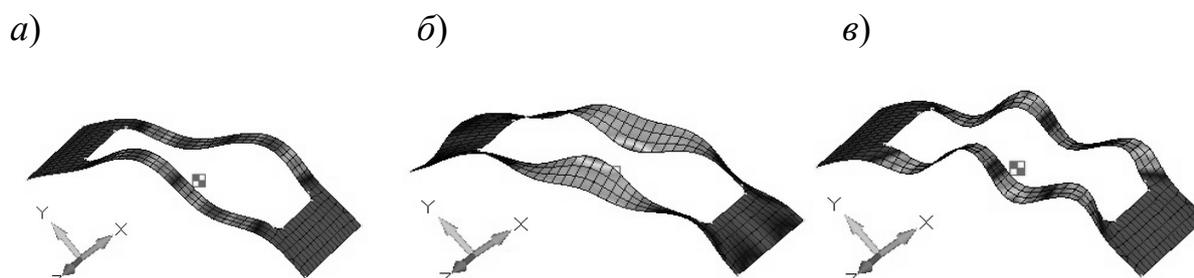


Рис. 2. Собственные формы колебаний флора: *а* – частота 32,603 Гц (тон 1); *б* – частота 98,215 Гц (тон 7); *в* – частота 104,741 Гц (тон 10)

В результате проведенного исследования можно сделать выводы о влиянии физико-химических параметров мультифункционального покрытия на частоты колебаний и вкладе их в реакцию конструкции.

УДК 004.891:004.93
 ЛОКАЛИЗАЦИЯ ЖИРОВЫХ КЛЕТОК НА КОНФОКАЛЬНЫХ
 ИЗОБРАЖЕНИЯХ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ MASK R-CNN

К. С. КУРОЧКА, К. А. ПАНАРИН

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

Заболевание щитовидной и паращитовидной железы является вторым по величине в эндокринной области. При их диагностике возникают задачи выделения и анализа различных типов тканей на биомедицинских изображениях, решаемые с использованием сверточных нейронных сетей [1].

Для автоматизации процесса нахождения жировых клеток на полученных в результате конфокальной микроскопии изображениях щитовидной железы предлагается алгоритм, позволяющий при помощи сверточной нейронной сети на основе регионов Mask R-CNN осуществлять локализацию и сегментацию искомых объектов (рис. 1).

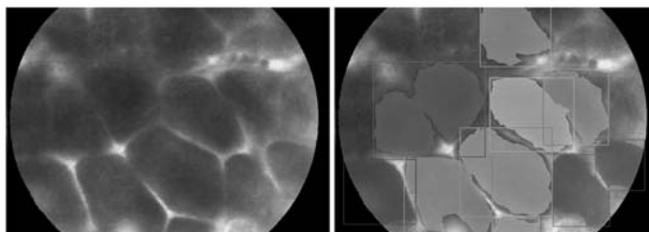


Рис. 1. Пример сегментации и локализации жировых клеток на конфокальном изображении щитовидной железы

Сеть построена на базе предобученной модели ImageNet. Для переобучения использовался набор из 200 изображений щитовидной железы, поделенный в пропорциях 80 к 20 %. Обучение состояло из 100 эпох со 100 шагами для каждой эпохи. После обучения модели на обучающей выборке точность поиска жировых клеток на валидационной выборке составила 93 %, а значение ошибки поиска – 7 %. При нечетких границах клеток наблюдалось объединение их в один сегмент.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Kurochka, K. S.** Algorithm of Definition of Mutual Arrangement of L1–L5 Vertebrae on X-ray Images / K. S. Kurochka, K. A. Panarin // Optical Memory and Neural Networks. – 2018. – Vol. 27, № 3. – P. 161–169.

УДК 621.9
 АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТЫ
 КЛИЕНТОВ В БЕСПРОВОДНЫХ КОРПОРАТИВНЫХ СЕТЯХ
 НА БАЗЕ МОБИЛЬНЫХ ПРОЦЕССОРОВ

А. И. ЛАЗАРЕВ

Научный руководитель А. А. ТЮТЮННИК, канд. экон. наук, доц.
 Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске
 Смоленск, Россия

Согласно статистике, по данным на 2020 г., больший процент построения корпоративных сетей основан на реализации открытой Wi-Fi-точки доступа со встроенным веб-интерфейсом аутентификации пользователей. Корпоративная Wi-Fi-сеть состоит из коммутатора, выполняющего роль Wi-Fi-точки доступа, и сервера, состоящего из таких компонентов, как radius-сервер, веб-сервер и базы данных. Основная проблема построения таких сетей – необходимость в затратах на дорогостоящее оборудование и последующие затраты на долгосрочную поддержку. Таким образом, можно сказать, что разворачивать корпоративную сеть в малочисленных компаниях нерентабельно.

Для решения данной проблемы был разработан программный модуль под архитектуру мобильных процессоров «arm64», «mipsel». В качестве аппаратной поддержки выступают устройства – одноплатный компьютер Raspberry Pi и интернет-центр Keenetic Extra. Выбор данных устройств обусловлен средним ценовым сегментом на рынке и достаточными техническими и программными характеристиками для реализации программного модуля.

Разработанный программный модуль построен алгоритмически с точки зрения поддержки нескольких архитектур мобильных процессоров. Основная цель разработанного модуля – предоставление возможности конечному потребителю разместить на устройстве radius-сервер и веб-сервер, а также реляционные базы данных (рис. 1). Помимо прочего, был разработан веб-интерфейс, позволяющий упростить процесс настройки корпоративной сети. В качестве используемого прикладного программного обеспечения применялись пакеты MySQL, пакет обеспечения веб-сервера nginx.



Рис. 1. Схема работы программного модуля

УДК 621.9
 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ
 НА ЧАСТОТАХ 315 / 433 MHz НА БАЗЕ RASPBERRY PI 4B

А. И. ЛАЗАРЕВ

Научный руководитель А. А. ТЮТЮННИК, канд. экон. наук, доц.
 Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске
 Смоленск, Россия

На данный момент приоритет безопасности в современном мире составляет защита беспроводных сигналов на различных частотах. К устройствам с таким сигналом относятся все устройства, работающие на частотах 433 / 315 MHz. Большинство компаний, предлагающие «умные» устройства, предлагают вместе с устройством контроллер или – в качестве альтернативы – «умное» управление через устройства на базе операционных систем Android, iOS.

Основная проблема в комбинировании таких устройств – невозможность объединения контроллеров всех устройств разных поставщиков в единое устройство. Для решения проблемы предлагается использовать одноплатный компьютер Raspberry Pi и набор подключаемых модулей приема и передачи сигналов на частотах 433 / 315 MHz. Такой подход позволит экономически эффективно решить проблему централизованного управления различными устройствами в целевой компании.

Управление данными устройствами осуществляется при помощи терминальных команд. Как следствие этого, процесс управления устройствами был усовершенствован для управления при помощи веб-приложения на базе модуля php-ssh2, позволяющего взаимодействовать с устройствами через удобный для пользователя интерфейс. Организация управления устройствами в общем случае представлена на рис. 1.

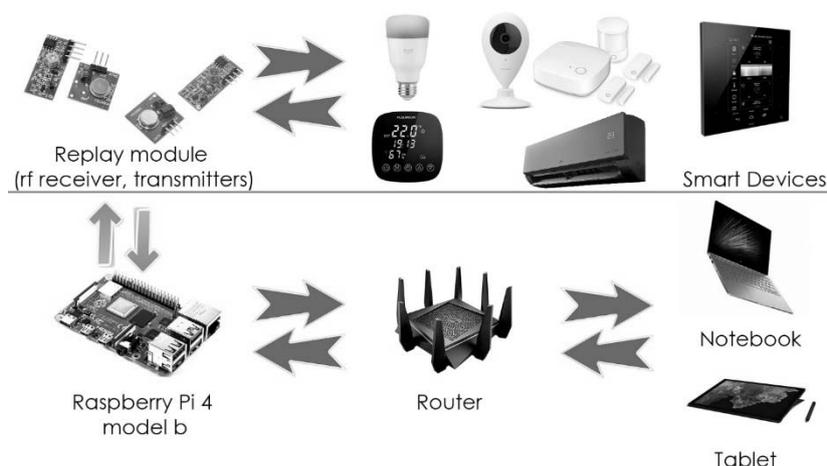


Рис. 1. Схема взаимодействия аппаратных модулей с внешними устройствами

УДК 621.9
 РЕАЛИЗАЦИЯ СЕГМЕНТИРОВАННОГО УЧАСТКА
 КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ С ИНТЕГРАЦИЕЙ NAS-СИСТЕМЫ
 НА ПЛАТФОРМЕ ОДНОПЛАТНОГО КОМПЬЮТЕРА RASPBERRY PI

А. И. ЛАЗАРЕВ

Научный руководитель Е. И. ЛОБАНЕВА
 Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске
 Смоленск, Россия

Сегмент корпоративной сети, интегрируемый в большинство корпоративных сетей, представляется набором NAS-системы, предполагающей под собой «облачное» хранилище данных, а также наличие особенных факторов, присущих данному оборудованию. Основная проблема, выделяемая в такой сети, – невозможность развертывания в компаниях малого и среднего бизнеса, а также в личных целях, представляемых как хранилище данных с предоставлением удобного доступа по различным протоколам за счет неэффективного значения показателя рентабельности экономической составляющей организации.

Для решения данной проблемы была разработана система на базе одноплатного компьютера, представляемая подключаемым модулем к серверу на базе ОС Windows Server. В качестве аппаратных показателей сервера выступают показатели среднего сегмента устройств на рынке. Система, интегрируемая в одноплатный компьютер Raspberry Pi 4B, позволила внедрить NAS-систему в корпоративную сеть. Согласно приведенной схеме (рис. 1), можно отметить, что данная разработка позволяет выполнять основной функционал NAS-системы и дает возможность конечному пользователю взаимодействовать с функционалом из различных участков сети – внешней сети, а также с отдельной выделяемой подсетью.

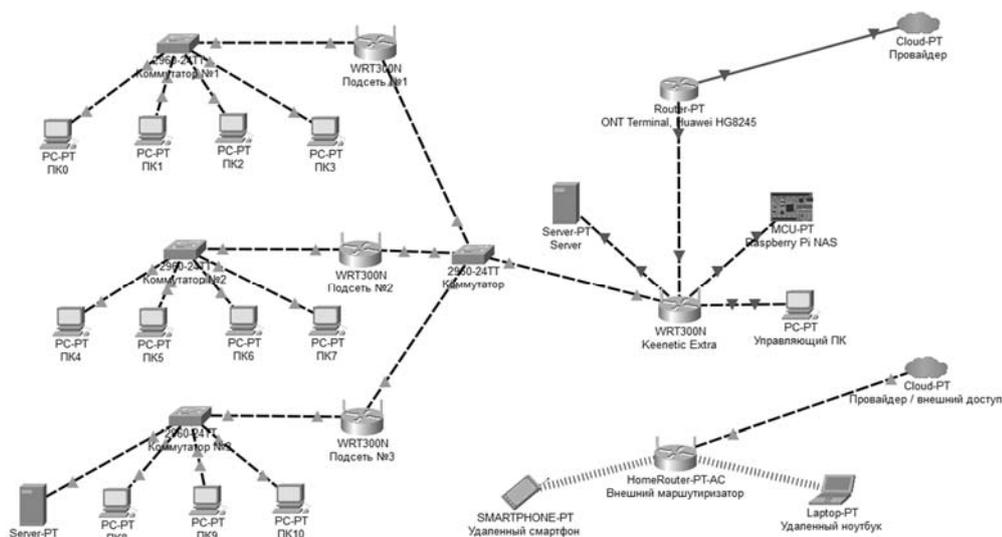


Рис. 1. Сегмент реализованной корпоративной сети

УДК 004.4: 379.85
МЕТОДИКА И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ
ОПТИМАЛЬНОГО ТУРИСТИЧЕСКОГО МАРШРУТА

В. Н. ЛЯЩИНСКИЙ

Научный руководитель Т. В. МРОЧЕК, канд. техн. наук
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Большинство известных планировщиков маршрутов («Яндекс.Карты», «Google.Maps», «Глобус Беларуси», «В поход по Беларуси», «Беларусь: Путеводитель офлайн» и т. д.) формируют укрупненные маршруты в основном с учетом информации лишь о достаточно известных местах, музеях, заведениях для отдыха. При этом часто не учитываются пользовательские предпочтения по времени и стоимости путешествия, транспорту и др.

Целью работы является разработка методики формирования оптимального туристического маршрута с учетом пользовательских предпочтений и ограничений, использующей модель краудсорсинга (обмен опытом и отзывы туристов). Методика включает следующие этапы.

Этап 1. Определение входных параметров для формирования маршрута на основе получения информации о пользовательских предпочтениях в отношении примерных стоимости, длины и времени маршрута, способа перемещения между точками маршрута (на автомобиле, пешком и т. п.), области интересов, детских мероприятий, рейтинга посещаемых мест и др.

Этап 2. Формирование матрицы приоритизации пользовательских предпочтений с использованием метода парных сравнений Т. Саати.

Этап 3. Формирование массива точек маршрута на основе какого-либо метода нахождения оптимального наикратчайшего расстояния (например, ветвей и границ) с использованием Google Maps API для получения расстояний. При этом должны обрабатываться маршруты различных типов (линейный, радиальный, комбинированный).

Этап 4. Проверка массива точек на соответствие ограничениям по пользовательским предпочтениям.

Этап 5. Отображение сформированного маршрута на карте.

Этап 6. Обеспечение реализации модели краудсорсинга, т. е. возможности обмена отзывами путешественников, и формирование на основе отзывов рейтингов посещаемых мест с использованием Google Maps.

Разработанная методика реализована в адаптивном веб-приложении, состоящем из трех частей: NodeJS – REST API веб-сервис, позволяющий получить маршрут между точками исходя из имеющейся матрицы расстояний; Back-end – написан на Python, также является REST API веб-сервисом и формирует маршрут с учетом предпочтений туристов; Front-end – приложение для сбора данных и отображения результатов.

УДК 004.4: 621.791

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СВАРЩИКОВ НА ОСНОВЕ
АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

В. Д. МИЛЬТО

Научные руководители С. В. БОЛОТОВ, канд. техн. наук, доц.

Т. В. МРОЧЕК, канд. техн. наук

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

На сегодняшний день ни одно сварочное производство не обходится без тех или иных систем автоматизации. Среди них можно выделить системы управления сварочным производством, в задачи которых входит сбор данных о сварочных процессах, мониторинг технического состояния сварочного оборудования и принятие решений по распределению текущих задач. Данные системы востребованы как на территории стран СНГ, так и за ее пределами.

Целью исследования является создание автоматизированной подсистемы регистрации и анализа параметров сварочных процессов, с помощью которой можно выполнять оценку качества работы сварщиков. Подсистема разработана с применением современных программных средств и технологий, таких как MS SQL Server для хранения данных, ASP.NET Core для обработки и предоставления интерфейса доступа к данным о сварочных процессах, React для представления данных и OpenID Connect для обеспечения безопасности приложения. Работа указанной подсистемы основана на анализе собираемых значений параметров сварочных процессов.

Процесс сварки характеризуется различными параметрами, такими как сварочный ток, напряжение на дуге, скорость сварки и др. С использованием мгновенных значений параметров режима сварки проводится статический и динамический анализ сварочных процессов. При статическом анализе усредненные значения параметров, указанных выше, проверяются на отклонение от минимального и максимального значений, заданных в инструкции на технологический процесс сварки. При динамическом анализе подсистема определяет длительность и частоту коротких замыканий, пиковый ток коротких замыканий каплями, длительность интервалов горения дуги и др. Таким образом, система позволяет определить наличие дефектов в сварных швах (непровары, прожоги, поры, ошибки дуги и т. п.).

Разработан алгоритм комплексной оценки работы сварщика на основе данных статического и динамического анализа сварочных процессов. Благодаря алгоритму стало возможным осуществить автоматизированный мониторинг эффективности работы сварщиков, что позволит повысить качество процессов на сварочном производстве предприятий и организаций.

УДК 004.032.26

АНАЛИЗ ЗНАЧИМОСТИ НЕ-ФАКТОРОВ ПРИ ПРОЕКТНОМ
УПРАВЛЕНИИ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ

А. С. МУЗЫЧЕНКО

Научный руководитель С. Я. БИТЮЦКИЙ, канд. экон. наук, доц.
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске
Смоленск, Россия

В эпоху переизбытка информации сложно отделить необходимые данные от ненужных. Однако как избыток, так и недостаток информации является тормозящим фактором при управлении проектами. Неполнота информации в процессе управления проектом приводит к возникновению новых, неучтенных условий, вследствие которых появляются негативные последствия для заинтересованных лиц проекта. Для непосредственного анализа НЕ-факторов используется нечеткая логика. Наиболее популярный и эффективно применяемый в настоящее время интеллектуальный метод анализа НЕ-факторов – использование нейронных сетей. После этапа построения нейронной сети ее необходимо обучить на основе уже имеющейся информации: исходных данных и результатах.

Для анализа значимости НЕ-факторов при управлении проектами в газовой отрасли был разработан метод исследования на основе нейросетевой модели, которая состоит из нескольких этапов: конкретизация исходных данных (источников информации о количественных показателях НЕ-факторов, оказывающих влияния на процесс проектного управления); предварительная подготовка исходных данных (Data Preprocessing) для возможности дальнейшей их обработки выбранной технологией; разработка структуры системы машинного обучения и ее реализация; применение системы машинного обучения.

При работе алгоритма первоначально на основе исходных данных подготавливаются сигнатуры, которые в последствии разбиваются на группы обучающих выборок. Далее сигнатуры дифференцируются на обучающие и тестирующие и передаются для обучения ансамбля нейронных сетей. С помощью обученной нейронной сети происходит анализ наиболее значимых НЕ-факторов при управлении проектами на основе заранее определенных интервалов значений количественных признаков. После чего принимается решение об учете НЕ-факторов, как наиболее воздействующих на систему проектного управления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Битюцкая, А. С. Роль НЕ-факторов в проектном управлении / А. С. Битюцкая // Информационные технологии, энергетика и экономика: материалы XVII Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. – Смоленск: Универсум, 2020. – Т. 3. – С. 3–5.

УДК 658.5.011
ПРИЕМЫ ВЫБОРА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ СТАНДАРТА MRP

П. А. ПЕРЕПЕЧКИН

Научный руководитель А. А. ТЮТЮНИК, канд. экон. наук, доц.
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске
Смоленск, Россия

В настоящий момент предприятия по мере развития сталкиваются с множеством проблем, ряд которых связан со сложностью управления производственными запасами, с наиболее рациональным планированием потребностей в сырье и материалах и которые решаются с помощью MRP-систем.

При выборе MRP-систем необходимо обратить внимание на две группы факторов, влияющих на этот выбор, – «производство» и «программный продукт».

Под «производством» понимается группа факторов, характеризующих процесс производства, таких как длительность производственного цикла, количество производственных операций и т. д. [1]. На основе анализа таких факторов можно определить минимальную требуемую функциональность MRP-систем. Все функции MRP-систем можно разбить на три базовые группы. Первая – это формирование основного плана на основе заказов клиентов и прогноза спроса; группа включает процедуру быстрой проверки выполнимости плана по ресурсам. Вторая – это планирование потребностей, то есть формирование плана-графика изготовления партий изделий и плана-графика закупки материалов и комплектующих; группа поддерживает алгоритмы расчета размеров заказов и дат запуска заказов на основе сетевых моделей, расчета загрузки ресурсов. К третьей относятся оперативное управление, включающее проверки укомплектованности и запуска заказов, управление ходом производства через механизмы производственных циклов, размеров заказов, учеты выполнения операций и заказов. Для предприятий с коротким производственным циклом наиболее важна первая группа функций, со средним – первая и вторая, а с наиболее длительным и сложным производственным процессом – все три.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаврилова Д. А. Управление производством на базе стандарта MRP II. Теория и практика менеджмента / Д. А. Гаврилова. – Санкт-Петербург: Питер, 2015.

УДК 004.891
АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ 3D-МОДЕЛИ МЕЖПОЗВОНКОВОГО
ДИСКА НА ОСНОВЕ КТ-ИЗОБРАЖЕНИЯ

Т. С. СЕМЕНЧЕНЯ, К. С. КУРОЧКА

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

В настоящее время лечение заболеваний опорно-двигательного аппарата невозможно без использования и анализа соответствующих биомедицинских изображений, отдельное место среди которых занимают результаты компьютерной томографии. Однако для некоторых клинических задач (например, остеохондроз) этого недостаточно [1]. Плотность межпозвонковых дисков меньше, чем у костной ткани, и вследствие этого они не видны на КТ-изображениях.

Для восстановления межпозвонкового диска используется подход на основе машинного обучения. Изначально были обнаружены изображения, на которых отсутствует тело позвонка, а затем изображения предыдущего и последующего позвонков с телом. После этого была выполнена реконструкция межпозвонкового диска (рис. 1).



Рис. 1. 3D-модель межпозвонкового диска

Разработанный алгоритм дает возможность построения индивидуальной геометрической 3D-модели поясничного отдела позвоночника человека, которая включает в себя позвонки и межпозвонковые диски.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Масалитина, Н. Н.** Математическая модель принятия решений при лечении остеохондроза поясничного отдела позвоночника / Н. Н. Масалитина, К. С. Курочка, Е. Л. Цитко // Информатика. – 2019. – Т. 16, № 1. – С. 24–35.

УДК 621.9
ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КОГНИТИВНЫХ
СПОСОБНОСТЕЙ У ПОЖИЛЫХ ПАЦИЕНТОВ,
НАБЛЮДАЮЩИХСЯ У ВРАЧА-ПСИХОТЕРАПЕВТА

А. Л. ШУБОВ

Научный руководитель О. А. КРАВЧЕНКО, канд. физ.-мат. наук, доц.
Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого
Гомель, Беларусь

Для познания мира человек использует когнитивные способности – это познавательные процессы человека: восприятие, анализ информации об окружающей действительности, речь, память, мышление, внимание, воображение, восприятие, направленные на взаимодействие с окружающим миром, другими людьми, получение информации и трансформации ее в знания и опыт. У пожилых людей может происходить нормальное возрастное снижение когнитивных способностей. Известно, что развития когнитивных способностей можно достичь посредством применения игр для ума. С медицинской точки зрения игры можно назвать одним из инструментов для развития когнитивных способностей, так как различные игровые ситуации заставляют человека принимать различные решения: запоминать особенности уровней, локаций или конкретных персонажей. В зависимости от вида игры может понадобиться использовать реакцию, внимательность и обдуманность действий для прохождения игровых уровней.

Работа посвящена созданию программной системы в виде 2D-игры с различными уровнями и загадками, предназначенной для улучшения когнитивных способностей у пожилых пациентов, наблюдающихся у врача-психотерапевта.

Обоснованность применяемых методик не вызывает сомнений в связи с полученными практическими результатами и верификацией разработанной компьютерной игры.

В работе приведен подробный обзор компьютерных игр и сделаны выводы о влиянии различных аспектов игры на развитие когнитивных способностей человека.

Большое внимание уделено описанию правил игры и влиянию различных аспектов игры на развитие когнитивных способностей человека. Разработанная программная система вынуждает игрока быть внимательными и запоминать информацию, которая поможет достигнуть цели игрового уровня.

Разработанная программная система может быть применена психотерапевтами для работы с пожилыми пациентами и уже используется в УЗ «Гомельская городская клиническая больница № 2».

УДК 004.89

МОДЕЛЬ АНАЛИЗА НЕ-ФАКТОРОВ ПРИ УПРАВЛЕНИИ НАУКОЕМКИМИ ПРОЕКТАМИ

О. В. БУЛЫГИНА, канд. экон. наук
 Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске
 Смоленск, Россия

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

Сегодня управление наукоемкими проектами осуществляется в условиях неопределенности, что обусловлено недостатком «качественных» данных об их участниках и внешнем окружении. В этой ситуации для поддержки принятия проектных решений целесообразно воспользоваться подходом, основанном на идентификации и оценке НЕ-факторов (согласно А. С. Нариньяни, это факторы, имеющие в естественном языке негативную оценку и отрицающие одно из базовых свойств формальных систем). Для данной предметной области НЕ-факторами будут факторы внутренней и внешней среды, которые могут приводить к снижению эффективности реализации проекта (то есть источники проектных рисков).

На текущий момент имеется несколько подходов к определению НЕ-факторов, однако для данной задачи наиболее подходит классификация В. Б. Тарасова, в частности информационные НЕ-факторы (неполнота, неточность, недоопределенность, нечеткость, противоречивость).

На рис. 1 показана процедура анализа НЕ-факторов при проектном управлении, а также указаны предлагаемые математические методы и модели.

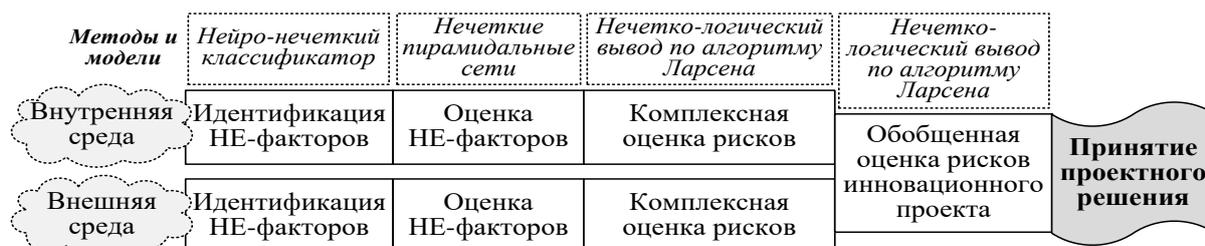


Рис. 1. Модель анализа НЕ-факторов при проектном управлении

На первом этапе осуществляется формирование множества факторов внутренней и внешней среды проекта, которые могут каким-либо образом повлиять на реализацию проекта, а затем их распределение на выделенные классы. На втором этапе выполняется их оценка внутри выделенных классов (в большинстве случаев экспертная), выделяются проектные риски и вычисляется их агрегированная оценка. Далее выполняется агрегирование оценок рисков для внутренней и внешней среды по отдельности и вместе. На основе полученного значения принимается решение о перспективности реализации наукоемкого проекта.

УДК 657.339.187 62 (476)

ОСОБЕННОСТИ ВЕДЕНИЯ БУХГАЛТЕРСКОГО УЧЕТА
ЛИЗИНГОВЫХ ОПЕРАЦИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

О. В. ЕРМОЛИЦКАЯ

Научный руководитель Е. Н. ГРИДЮШКО, канд. экон. наук, доц.
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Беларусь

Отражение лизинговых операций на счетах бухгалтерского учета, на взгляд автора, зависит от того, на чем балансе отражается лизинговое имущество и регламентируется Национальным стандартом бухгалтерского учета и отчетности «Финансовая аренда (лизинг)» № 73, Национальным стандартом бухгалтерского учета и отчетности «Влияние изменений курсов иностранных валют» № 69, Инструкцией о порядке применения типового плана счетов бухгалтерского учета № 50, Инструкцией по бухгалтерскому учету доходов и расходов № 102. Необходимо отметить, что Национальный стандарт № 69 распространяет свое действие на договоры, в которых обязательства выражены в белорусских рублях эквивалентно сумме в иностранной валюте.

В состав доходов и расходов по финансовой деятельности, которые учитываются на счете 91 «Прочие доходы и расходы», включаются курсовые разницы, которые возникают от пересчета обязательств и активов, выраженных в иностранной валюте. Также следует отметить, что порядок отражения суммовых разниц по вознаграждению лизингодателя в бухгалтерском учете лизингополучателя не зависит от того, будет ли договор лизинга завершен выкупом предмета лизинга, или от того, у кого на балансе по условиям договора будет находиться предмет лизинга. Разницы, возникающие при погашении обязательства в валюте, отличной от валюты обязательства, следует включать в состав доходов и расходов по финансовой деятельности, учитываемых на счете 91 [1].

Мы считаем, что выбрать наиболее обоснованный вариант отражения лизингового имущества на балансе лизингополучателя или лизингодателя, а также согласовать с лизинговой компанией оптимальную схему отражения лизинговых платежей – весьма сложная задача, требующая особенностей формулировок в первичных документах и договоре лизинга и хорошего знания специфики бухгалтерского учета лизинговых операций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Всё по одной теме. Лизинг: бухгалтерский учет и налогообложение // АПС «БизнесИнфо»: Беларусь / ООО «Профессиональные правовые системы». – Минск, 2020.

УДК 338.1

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОТЕНЦИАЛА СТРАН АФРИКИ БЛАГОДАРЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МВФ

М. Д. ЖЛОБНИЦКИЙ

Научный руководитель А. А. ТЮТЮННИК, канд. экон. наук, доц.
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске
Смоленск, Россия

Международный валютный фонд (МВФ) является международной организацией, основной целью создания которой является стандартизация финансовых отношений и обменных курсов на глобальном уровне.

Говоря о развитии потенциала в ходе работы МВФ, следует отметить, что деятельность МВФ в этой области продолжала расширяться в 2018 финансовом году в основном за счет большего объема работы со странами Африки к югу от Сахары, Азиатско-Тихоокеанского региона, а также Ближнего Востока и Центральной Азии. Общая сумма прямых расходов на деятельность по развитию потенциала составила 303 млн долл. США в 2018 финансовом году по сравнению с 267 млн долл. США в 2017 финансовом году, увеличившись на 14 %. На рис. 1 представлены расходы на развитие потенциала в разбивке по регионам.

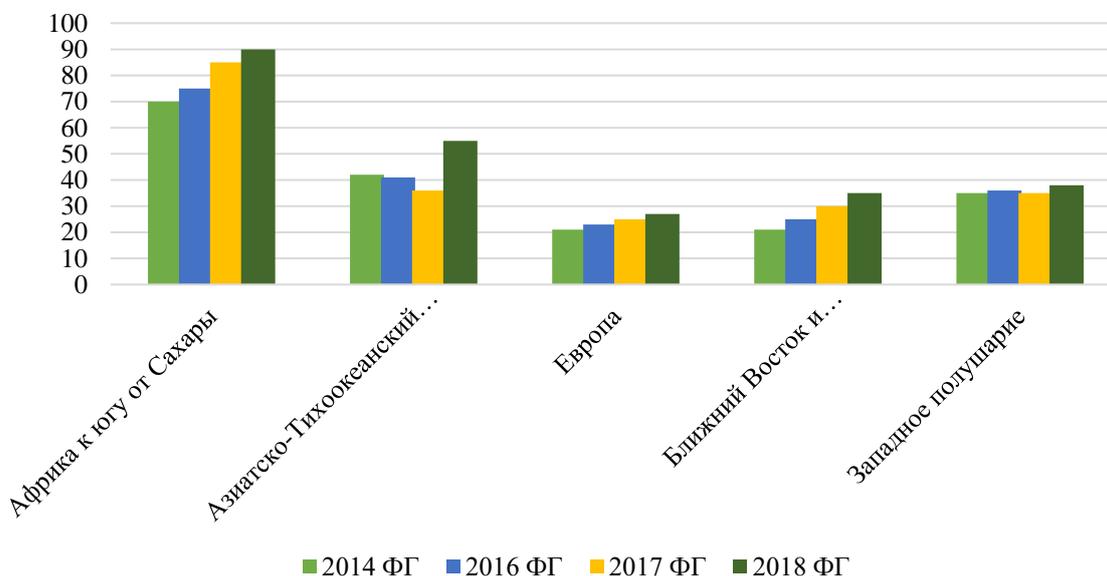


Рис. 1. Расходы на развитие потенциала в разбивке по регионам

Проанализировав рисунок, можно отметить, что расходы на развитие потенциала стран Африки значительно превосходят все остальные расходы и эти расходы с каждым годом стабильно растут, что свидетельствует о положительной динамике в перспективах развития этих стран.

УДК 631.115.9/636.08.003

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА В АГРАРНОЙ ЭКОНОМИКЕ

А. И. ЛОПАЧЕВА

Научные руководители: Е. А. ЛЕВКИН, М. В. БАЗЫЛЕВ, канд. с.-х. наук, доц.
Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия
ветеринарной медицины
Витебск, Беларусь

Современная инновационная аграрная экономика наиболее успешно развивается при широкомасштабном использовании высокотехнологичных субстанциональных факторов производства (рис. 1).



Рис. 1. Основные факторные позиции высокотехнологичных средств производства в сельскохозяйственной сфере (составлено по [1, 2])

Одним из важных направлений использования отмеченных на рис. 1 направлений инновационной аграрной экономики является рационализация ресурсного потенциала предприятий, направленная на решение прикладных производственных задач [1, 2]. Применение отмеченного подхода позволяет в конечном счете находить внутрихозяйственные резервы производства, повышая его рентабельность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Базылев, М. В.** Бизнес-инновации в повышении конкурентоспособности продукции скотоводства ЧПУП «Якимовичи-Агро» Калинковичского района / М. В. Базылев, Е. А. Лёвкин, В. В. Линьков // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., Барнаул, 12–13 марта 2020 г.: в 2 кн. – Барнаул: Алтайское ГАУ, 2020. – Кн. 2. – С. 104–106.

2. **Блажевич, Г. Н.** О некоторых особенностях функционирования экономики Республики Беларусь и ее инновационное развитие / Г. Н. Блажевич, Н. С. Желток // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2019. – № 1. – С. 98–106.

УДК 005.931.502.173
 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА
 УНИВЕРСИТЕТА

Д. С. НОВИК, С. А. РАВКО, А. И. ТАРАСЮК

Научный руководитель Т. П. ВОДОПЬЯНОВА, канд. экон. наук, доц.
 Белорусский государственный технологический университет
 Минск, Беларусь

Проведение инноваций в сфере экономики невозможно без внимания к экологическим вопросам. Предлагается проведение следующих мероприятий по совершенствованию экологического менеджмента БГТУ.

В каждом из пяти корпусов университета предполагается установка по одному кулеру для воды Ecotronic V21-LWD. Срок службы – 5 лет. Стоимость одного такого кулера составляет 139,5 белорус. р. Доставка и установка входят в стоимость. Стоимость чистки и санитарной обработки одного кулера составляет 60 белорус. р. в год. Бутыль для воды объемом 19 л стоит 12 белорус. р. Стоимость воды питьевой «202 original», 19 л, составляет 7,5 белорус. р. Предполагается расход – 38 л воды в одном корпусе в день. Количество рабочих дней в году примем равным 305. Всего на установку и обеспечение работы кулеров будет затрачено $139,5 \cdot 5 + 5 \cdot 5 \cdot 60 + 12 \cdot 5 + 305 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 38 / 19 \cdot 7,5 = 116632,5$ белорус. р.

За счет использования студентами и работниками БГТУ своей посуды будет исключено использование пластиковых стаканчиков. Объем стаканчика – 0,2 л, вес – 1,8 г. За весь срок службы кулеров будет сэкономлено $305 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 38 / 0,2 = 1448750$ пластиковых стаканчиков. Следовательно, на один затраченный рубль приходится $1448750 / 116632,5 = 12,4$ пластиковых стаканчика, или $12,4 \cdot 1,8 = 22,3$ г пластика.

В рамках акции по озеленению университета студентам будет предложено принести по комнатному растению. Предполагается, что участие примет каждый 50-й из 13000 студентов БГТУ. Таким образом удастся собрать $13000 / 50 = 260$ различных комнатных растений.

Для промежуточных вариантов курсовых и дипломных работ может быть использована двухсторонняя печать. В среднем каждый студент за время обучения печатает восемь курсовых и дипломную работы объемом приблизительно по 40 и 100 страниц соответственно. Каждая глава работы как минимум единожды проверяется в печатном виде. В университете обучается 13000 студентов. Всего они используют $13000 \cdot (40 \cdot 8 + 100) = 5460000$ листов.

Двухсторонняя печать позволит сократить это число вдвое.

Вышеназванные мероприятия эффективны, их проведение актуально.

УДК-338.47

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ НА ОСНОВЕ РОСТА КАЧЕСТВА

П. А. ПЕРЕПЕЧКИН

Научный руководитель А. А. ТЮТЮННИК, канд. экон. наук, доц.
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске
Смоленск, Россия

Во второй половине 1990-х гг. в Российской Федерации началось активное строительство линий связи на базе оптических кабелей (ОК). Основными преимуществами ОК являются большая пропускная способность, возможность получения высоких скоростей передачи информации, нечувствительность к электромагнитным помехам, отсутствие электромагнитного излучения. В последние десять лет ежегодный темп роста производства ОК в РФ в среднем составлял 4,2 %.

Наибольшим спросом пользуются ОК большой строительной длины – до 6 км. Однако их производство в настоящее время малорентабельно. Причины этого кроются в низком качестве материалов, нарушении технологии, слабой маркетинговой деятельности производителя.

Материалы, используемые в производстве ОК, должны отвечать заданным требованиям и иметь стабильные технические параметры во всех поставках (партиях). Для решения проблемы получения материалов удовлетворительного качества должны проводиться анализ поставщиков, испытания материалов в лабораторных условиях, опытное опробование в условиях производства. При приемлемых цене и условиях поставки решается вопрос о поставке. Работа по качеству материалов должна вестись постоянно с учетом результатов переработки материалов.

Нарушение технологии может быть связано с неправильным выбором режимов переработки материалов и нарушениями в процессе передачи заготовки по технологическим переделам. Для уменьшения вероятности возникновения дефектов в результате неправильной переработки материалов должны разрабатываться специальные карты эскизов, в которых должны быть указаны режимы переработки и которые должны находиться на рабочих местах у операторов технологических линий.

Выполнение указанных мероприятий по устранению дефектов, возникающих при изготовлении ОК, требуют организации работы по обеспечению качества и определенных материальных затрат. Для этого необходимо провести систему классификации затрат на качество и в соответствии с этим распределить их и учесть.

УДК 338.27
ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРАНЫ

А. Д. ПОЛЮХОВИЧ, М. И. РУСЕЦКАЯ
Научный руководитель Е. П. КОРСАК
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

На сегодняшний день энергетическую безопасность можно рассматривать как один из важнейших факторов, влияющих на устойчивость системы экономических, социальных и экологических условий, напрямую определяющих качество жизни населения и являющихся показателем эффективности государственного управления.

Обеспеченность собственными топливно-энергетическими ресурсами (ТЭР) в Республике Беларусь находится на недостаточном уровне для поддержания энергетической самостоятельности. Являясь энергозависимой страной, государство вынуждено импортировать около 80 % потребляемых ТЭР. К основным факторам, ослабляющим энергетическую безопасность Республики Беларусь, можно отнести низкую обеспеченность собственными ТЭР, высокую энергоемкость национальной экономики, высокую долю природного газа в топливно-энергетическом балансе страны, импорт ТЭР преимущественно из одной страны (РФ), а также значительные затраты на импортируемые энергоресурсы [1].

Согласно Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь [2], основными путями повышения энергобезопасности страны являются максимальное использование собственных энергоресурсов, повышение уровня диверсификации и резервирования, обеспечение государственного контроля и управления отношениями между субъектами ТЭР, снижение энергоемкости валового внутреннего продукта и повышение энергоэффективности. С учетом ввода БелАЭС планируется проведение ряда мероприятий, направленных на повышение энергетической безопасности страны, которые позволят снизить долю газа в производстве тепловой и электрической энергии в 2020 г. до 70 %, а через 5 лет уровень должен быть доведен до 60 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Корсак, Е. П.** Формирование системы угроз энергетической безопасности Республики Беларусь / Е. П. Корсак // Энергетика. Изв. высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2019. – № 62 (4). – С. 388–398.

2. Постановление «Об утверждении Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.government.by. – Дата доступа: 10.07.2020.

УДК 331.658

ЦИФРОВИЗАЦИЯ КАК ПЕРЕХОДНЫЙ ПРОЦЕСС ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТИ СТРАНЫ

А. Д. ПОЛЮХОВИЧ, М. И. РУСЕЦКАЯ

Научный руководитель Е. П. КОРСАК

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Цифровизация – это процесс перехода к цифровому бизнесу, который использует цифровые технологии для изменения бизнес-моделей и обеспечения новых источников доходов. Цифровые технологии играют важную роль в энергетическом секторе. До сих пор основное внимание уделялось концепции Smart Grid. Однако новые бизнес-модели цифровизации подразумевают под собой вертикальное и горизонтальное формирование ценообразования на электроэнергию. В настоящее время разработаны новые концепции для монетизации распределенной генерации с целью регулирования спроса на электроэнергию:

- интернет вещей (IoT);
- защищенный интернет;
- связь 5G;
- электромобили как ресурс;
- распределенное хранилище в сочетании с установками PV и DSM;
- большие данные, аналитика данных, интеллектуальный анализ данных;
- сервисы, приложения для моделирования и прогнозирования;
- концепция цифрового близнеца;
- передовые единые энергетические сообщества, целью которых является регулирование и достижение устойчивости энергетического рынка;
- технология блокчейна (торговля энергией благодаря совершению транзакций).

При выборе концепции необходимо учитывать внешние и внутренние факторы страны или региона, где планируется внедрение и дальнейшее использование. Таким образом, можно сделать вывод, что внедрение цифровых технологий позволит перейти к безопасной, доступной и благоприятной для климата энергетической системе XXI в.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цифровизация энергетики: от автоматизации процессов к цифровой трансформации отрасли [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36540575>. – Дата доступа: 10.07.2020.

УДК 339:637.12
**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ
 ТЕПЛОВЫХ ОПЕРАЦИЙ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

М. Н. СМАГИНА, Е. Р. ТЕРЕШКОВА

Научный руководитель А. А. СМОЛЯК, канд. техн. наук, доц.
 Могилевский государственный университет продовольствия
 Могилев, Беларусь

Важнейшими задачами оперативного планирования являются обеспечение возможности применения оперативного учета и контроля производственной деятельности, обеспечение ритмичности работы производственных участков и подразделений, обеспечение производства продукции в максимально короткие сроки, составление оптимального графика выпуска продукции без непроводительных простоев в работе, обеспечение максимально возможного коэффициента использования оборудования, рациональное использование рабочей силы, расходование энергетических ресурсов исключительно на полезно используемую энергию в производственной операции.

Сложная форма производства в пищевой промышленности предполагает изготовление широкого ассортимента продукции различной степени сложности. Как результат, значительной проблемой, возникающей в ходе текущего планирования производственной деятельности, является определение времени на проведение отдельных рабочих операций. Особенно эта проблема характерна для тепловых процессов, поскольку их продолжительность значительно варьируется в зависимости от вида сырья, размеров, стереометрических форм и массы изделий.

В ходе проведенных исследований была предложена методика прогнозного расчета продолжительности тепловой обработки изделий из мясного фарша цилиндрической и пластинчатой формы. Методика основана на теории нестационарной теплопроводности с использованием математических зависимостей для определения продолжительности тепловой обработки, полученных из теории подобия тепловых процессов.

Основной формулой определения продолжительности тепловых операций для конкретных изделий τ , с, является следующая:

$$\tau = \frac{r^2}{-\mu^2 a} \ln \frac{\Theta_{\text{ц}}}{N(Bi)}, \quad (1)$$

где r – $1/2$ толщины изделия, м; a – коэффициент температуропроводности материала изделия, $\text{м}^2/\text{с}$ (определяется по справочнику); $N(Bi)$ и μ^2 – табличные коэффициенты, определенные для форм изделий (получены в ходе проведенных исследований); $\Theta_{\text{ц}}$ – безразмерная температура по центру изделия (принимается для мясных изделий $72...85$ °С согласно санитарно-гигиеническим требованиям).

УДК 332
ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РЕАЛИЗАЦИИ КЛАСТЕРНОГО ПОДХОДА
ДЛЯ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА
СМОЛЕНСКОГО РЕГИОНА

Н. А. УВАРОВА

Научный руководитель Е. А. КИРИЛЛОВА, канд. экон. наук, доц.
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске
Смоленск, Россия

Анализируя инновационное развитие Смоленской области, можно отметить, что регион имеет весьма невысокие позиции, а в 2019 г. показатель снизился на 22 % по сравнению с 2018 г. Развитие инновационного потенциала Смоленской области предлагается основывать на принципах кластерного подхода. Он предполагает объединение групп промышленных предприятий, сферы услуг, научно-исследовательских, образовательных организаций в рамках одного или смежного вида деятельности, концентрируя при этом ресурсы, производственные и хозяйственные связи, совместно используя цепочки поставок и способы реализации в рамках одного или нескольких близких видов деятельности, тем самым минимизируя издержки. Данный подход зарекомендовал себя в мировой практике. Среди российских объединений можно также выделить ряд достаточно успешных. Важно подчеркнуть, что ориентация на вид деятельности кластера в таких примерах чаще всего основывалась на специализации региона. Для Смоленского региона, где уже созданы несколько кластеров, но их функционирование пока не столь результативно, актуальным представляется разработка методического и инструментального обеспечения управления группами предприятий, входящих в кластер. В части доработки существующих моделей предлагается создавать и развивать организацию управления кластерами Смоленского региона, основываясь на ряде важных принципов: принципе общности (разработка общего направления развития, где будут учитываться ресурсы, выгоды и перспективы всех сторон и участников); принципе доступности (привлечение иных новых партнеров); принципе всесторонних связей и устойчивости взаимодействия; принципе «выгодной» конкуренции (взаимовыгодное сотрудничество с сохранением самостоятельности предприятий).

Таким образом, выделенный ряд принципов позволит увеличить скоординированность действий предприятий, членов кластеров Смоленской области, повысить их показатели работы и тем самым создать эффективную, соединяющую все виды потоков интегральную региональную инновационную систему.

УДК 334.72
АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ УНИТАРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

П. С. ХАРЛАМОВ

Научный руководитель А. А. ТЮТЮННИК, канд. экон. наук, доц.
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске
Смоленск, Россия

Унитарное предприятие – это коммерческая организация, не обладающая правом собственности на имущество, которое закреплено за ней собственником. Данное определение наиболее полно характеризует такой тип организаций и опирается на действующее законодательство в этой сфере. Для большинства городов Российской Федерации муниципальные или государственные унитарные предприятия являются одной из важнейших составляющих обеспечения эффективного функционирования инфраструктуры, например, автотранспортных перевозок и предоставления коммунальных услуг. Более того, унитарное предприятие управляет муниципальной собственностью, которая является экономической основой удовлетворения потребностей и общественных интересов на территории муниципалитета, что подчеркивает его приоритетность в экономической политике органов местного самоуправления.

В настоящее время тенденции развития унитарных предприятий исходят из актуальных проблем в данной сфере, приоритетности в экономической политике регионов или муниципалитетов и проблемы качественного улучшения инфраструктуры городов и других населенных пунктов. В связи с этим можно выделить основные пути совершенствования унитарных предприятий как в экономическом плане, так и в законодательном: повышение финансовой устойчивости организаций данного типа, расширение их самостоятельности в области совершения ряда сделок, имеющих непосредственное отношение к эффективному функционированию унитарного предприятия, укрупнение подобных организаций, обеспечение всех контрольных функций собственника имущества предприятия, реорганизация унитарных предприятий на конкурентных рынках в целях недопущения их ликвидации, повышение инвестиционной привлекательности посредством усовершенствования нормативной базы, а также внедрения инновационных информационных технологий, необходимых потенциальным инвесторам.

Вышеуказанные тенденции развития унитарных предприятий позволят данным организациям повысить эффективность их деятельности, выработать различные пути «выживания» и приспособления в условиях постоянно меняющейся экономической и политической ситуации в стране, сделав их более конкурентоспособными и экономически эффективными.

УДК 334.72

РАЗВИТИЕ МАЛОГО БИЗНЕСА В ГОРОДСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

П. С. ХАРЛАМОВ

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

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске

Смоленск, Россия

Малый бизнес является неотъемлемой частью любой экономики, претендующей на звание рыночной, это подтверждает и мировой опыт. Развитие малого предпринимательства порождает ряд предпосылок для повышения темпов экономического роста, способствует насыщению рынков той или иной местности, позволяя вместе с этим компенсировать различные издержки рыночной экономики. На настоящем этапе становления городского хозяйства в условия рыночных отношений в Российской Федерации вопрос о создании благоприятного делового климата в сфере малого бизнеса приобретает все большую актуальность, поскольку в настоящих условиях малые предприятия существенно влияют на экономику городского хозяйства.

При развитии все отрасли и сегменты городского хозяйства сталкиваются с огромным количеством проблем, эти проблемы могут носить различный характер: экономический, политический, социальный. Путем решения указанных проблем является постепенная адаптация сегментов городского хозяйства к складывающимся условиям рынка. Например, реформирование жилищно-коммунального хозяйства как одного из наиболее значимых отраслей городского хозяйства направлено на создание эффективного механизма управления и снижения издержек по предоставлению услуг отрасли. Проблемы финансово-кредитной поддержки малого бизнеса возникают из-за низкого уровня финансовой устойчивости и залогоспособности малых предприятий, ограниченных возможностей использования их субъектами традиционных финансовых инструментов и отсутствия действенных финансовых механизмов поддержки.

На практике малый бизнес в нашей стране сталкивается с многочисленными трудностями. Проведенный анализ существующих проблем позволяет определить основные из них. Это несовершенство созданной правовой базы, несовершенство финансово-кредитной поддержки, административные барьеры, низкий образовательный уровень руководителей, отсутствие информационной и консультативной помощи, нестабильность экономической и политической жизни.

Все это приводит к медленному и неравномерному развитию малого бизнеса в стране, по отраслям и регионам, что, в свою очередь, крайне негативно сказывается на экономике России и благосостоянии населения.

УДК 332.1
УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЬНОВОДСТВА В СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

П. С. ХАРЛАМОВ

Научный руководитель А. А. ТЮТЮННИК, канд. экон. наук, доц.
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске
Смоленск, Россия

Почти в каждой стране есть своя национальная сельскохозяйственная культура, только по названию которой можно определить, о какой стране в настоящее время идет речь. Во все времена в России одной из таких культур был лен, его привлекательность не уменьшается и сегодня, но большинству хозяйств требуется помощь органов власти по выведению производства льна в рентабельную сферу деятельности.

Руководство Смоленской области считает льноводство одним из приоритетных направлений в работе агропромышленного комплекса и уделяет ему самое первостепенное внимание. Но все предпринимаемые меры носят характер поддерживающих и стимулирующих, т. е. они направлены на субсидирование покупки льносемян и на субсидирование процесса закупки льноволокна. В этом году было потрачено на данные мероприятия около 37 млн р., но той отдачи, на которую рассчитывают руководители области, пока нет. Ситуация может существенно измениться только в том случае, когда вложение средств позволит отраслевым предприятиям Смоленской области встать на интенсивный путь развития. Передовой опыт Тверской области, в которой данную проблему решают с помощью инвестиционных проектов, подтверждает необходимость изменения подходов к расходованию бюджетных средств.

Поэтому полным ходом идет разработка управленческих мероприятий по оценке возможностей реализации ряда инвестиционных проектов. Суть данных проектов – создание вертикально интегрированных предприятий по выращиванию льна и производству льноволокна, что позволит повысить эффективность всей цепочки создания ценности. Льнозавод в связке с машинно-тракторной станцией (МТС) участвует в производственном цикле от выращивания льна до выпуска льноволокна. По расчетам, стоимость проекта – около 12 млн р., срок окупаемости – около 2 лет. Однако предприниматели не стремятся вкладывать свои средства в развитие сельского хозяйства из-за низких инвестиционных перспектив, поэтому планируется часть средств выделить из областного бюджета, а часть средств – из бюджета развития области.

Если запланированные мероприятия пройдут успешно, Смоленская область, возможно, сможет занять лидирующее положение по выращиванию и обработке льна в Центральном федеральном округе.

УДК 68
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СБАЛАНСИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
ОЦЕНОЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ
ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А. А. ЮНЯШИН

Научный руководитель А. А. ТЮТЮННИК, канд. экон. наук, доц.
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске
Смоленск, Россия

На предприятиях легкой промышленности в настоящее время уделяется огромное внимание вопросам стратегического управления, но формулировка стратегии очень часто не содержит никакого представления о возможных путях ее реализации.

Одним из инструментов преодоления трудностей в процессе реализации стратегии является использование методики сбалансированной системы оценочных показателей. Она представляет собой формализованную систему административного контроля, реализующую заданную стратегию путем проведения мероприятий в четырех областях – финансы, потребители, внутренние функциональные процессы, а также обучение и развитие. Один из таких подходов был разработан Р. Капланом и Д. Нортонем для преодоления трудностей, с которыми сталкивались многие управляющие при попытке реализовать конкретную стратегию.

На предприятиях легкой промышленности в РФ такие методики зачастую отсутствуют. Основное преимущество данной методики заключается в возможности преобразовать комплексную, сформулированную в общих чертах стратегию в список конкретных мероприятий. Сегодня для оценки успешности маркетинговой стратегии недостаточно опыта, интуиции и кумулятивных денежных потоков, которые будут генерироваться в период прогнозирования и за его пределами при реализации той или иной стратегии. Поэтому предлагается использование сбалансированной системы оценочных показателей совместно с применением новых технологий, позволяющих ускорить процессы контроля и принятия решений. Так, инструкцию по составлению маркетингового плана для крупного предприятия легкой промышленности можно представить в виде сбалансированных оценочных показателей. Многие ведущие мировые и российские компании, такие как Coca-Cola, BP, General Electric, McDonalds, Северсталь и другие, обращаются к методике сбалансированной системы оценочных показателей, облегчающей процесс установления критериев эффективности, наиболее полно отвечающих избранной стратегии.

УДК 334

ФОРМИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ПОТЕНЦИАЛА
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ
ПРИМЕНЕНИЯ АУТСОРСИНГА

А. А. ЮНЯШИН

Научный руководитель А. А. ТЮТЮННИК, канд. экон. наук, доц.
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске
Смоленск, Россия

Глобализация мировой экономики и происходящая интеграция РФ в международное сообщество ставит перед отечественными промышленными предприятиями все новые задачи и проблемы. В условиях ужесточения конкуренции и введения санкций актуальным становится поиск новых путей для повышения эффективности бизнеса.

Активное использование категории «потенциал предприятия» позволяет значительно расширить возможности для практического применения разработанных механизмов и инструментов управления работой промышленного предприятия. Потенциал предприятия представляет собой совокупные возможности определять, формировать и в итоге удовлетворять потребности потребителей в выпускаемых товарах. Он формируется из ресурсов и источников их пополнения, связей, положения и существующей организационной системы в целом.

Сегодня конкурентоспособное промышленное предприятие должно предлагать продукцию высокого качества по низкой цене, а также предоставлять дополнительные услуги и т. д. Потенциал предприятия является источником формирования конкурентного преимущества и поэтому нуждается в постоянном развитии. Наиболее успешной бизнес-моделью, позволяющей развить потенциал предприятия, является аутсорсинг – это целенаправленная передача некоторых бизнес-процессов стороннему исполнителю на контрактной основе. Для развития составляющих потенциала предприятия могут использоваться различные виды аутсорсинга: аутсорсинг производственных процессов, трудовых и маркетинговых ресурсов, финансов, IT-аутсорсинг.

Для российских предприятий характерно наличие неконкурентоспособных производств, отсутствие новых технологий при дефиците финансовых ресурсов, а также недостаток опыта корпоративного управления. Использование правильно рассчитанного аутсорсинга, позволяющего промышленным предприятиям развить свой внутренний потенциал, позволит российским предприятиям обеспечить свою конкурентоспособность и развиваться синхронно с мировой экономикой, особенно в рамках становления информационного общества.

Научное издание

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Материалы Международной
научно-технической конференции
молодых ученых
(Могилев, 29–30 октября 2020 года)

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

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

Компьютерный дизайн *Е. В. Ковалевская, Н. П. Полевничая*

Подписано в печать 22.10.2019. Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 11,86. Уч.-изд. л. 12,56. Тираж 60 экз. Заказ № 582.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, Могилев.