

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, 27–28 октября 2022 года)

Могилев
«Белорусско-Российский университет»
2022

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 *С. В. Данилов*; 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. ист. наук, доц. *Н. Н. Рытова*; канд. техн. наук, доц. *С. С. Сергеев*; канд. техн. наук, доц. *В. М. Шеменков*; д-р техн. наук, доц. *А. И. Якимов*; канд. техн. наук, доц. *Д. И. Якубович*; *И. В. Брискина* (отв. секретарь)

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, 2022. – 182 с.: ил. ISBN 978-985-492-282-9.

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 978-985-492-282-9

© Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Пленарное заседание	
АЛЕКСАНДРОНЕЦ А. А. Применение вертикального озеленения помещений в городском строительстве.....	13
ГЕРАСИМЕНКО Н. В. Анализ отраженных сигналов в линии СОДК.....	17
ФЕТИСОВА Е. А. Технология дуговой сварки с модификацией защитной газовой атмосферы галоидными соединениями.....	19
Секция 1. Технология и оборудование машиностроения, автоматизация технологических процессов и производств, мехатроника и робототехника	
АНИСИМОВ В. С., ГВОЗДЬ Г. И., МОРОЗ М. С. Повышение надежности режущих инструментов для многоцелевой обработки поверхностей деталей	22
БЕЛЯКОВИЧ В. А. Исследование структуры многоцелевой обработки	23
ВЕСЕЛОВ М. В. Анализ построения систем низовой автоматизации на объектах коммунальной энергетики.....	24
ГРУДЕНКОВ П. П. Разработка системы акустического контроля технологических операций.....	25
ЗИДУН М. А., ХАМЗА М., САВКИН М. О. Применение глубокого обучения с подкреплением для беспилотных летательных аппаратов.....	26
КАПИТОНОВ О. А., ЯКУБОВСКИЙ Р. Г. Энергосберегающий стенд для контроля кинематических погрешностей механических передач.....	27
КОПЫТАЕНКО А. А., РУБИНЧИК Н. В. Инструмент для совмещенной обработки развертыванием и магнитно-динамическим раскатыванием.....	28
ЛАПЦЕВИЧ Т. В., КУЦЕПОЛЕНКО А. В., ПОДЫМАКО М. Э. Повышение технологичности конструкции инерционного ограничителя скорости лифта.....	29
НАБИЕВ А. М. Валковая технологическая машина новой конструкции.....	30
ПАНЬКОВ А. А., ТАРАДЕЙКО И. А., КРУЧНИНА А. С. Влияние режимов магнитно-динамического накатывания на микро-рельеф плоской поверхности.....	31
ПЛЯЦ Д. С. Перспективы применения самовосстанавливающихся биофильтров для очистки сточных вод.....	32

РАБЫКО М. А., ШЕМЕНКОВ В. В. Промышленная апробация штамповых сталей обработкой тлеющим разрядом с использованием прикатодного магнитного поля.....	33
ТАРАДЕЙКО М. В. Конструкция инструмента для совмещенного магнитно-динамического накатывания наружных поверхностей вращения.....	34
ТАРАДЕЙКО М. В. Моделирование процесса совмещенного магнитно-динамического накатывания валов.....	36
ТАРАДЕЙКО И. А., СУХОЦКИЙ С. А. Исследование стойкости деформирующих шаров инструмента для комбинированного магнитно-динамического накатывания валов.....	37
ТИХОН Е. М. Анализ режимов подачи смазочно-охлаждающей технологической среды в расточных режущих инструментах.....	38
ТИЩЕНКОВ Н. М. Технология утилизации нефти, пролитой на поверхность воды.....	39
УДАЛЬЦОВ М. А. Конструкторско-технологическая подготовка производства дробилки для измельчения пластмасс.....	40
ХАБИРОВ В. Р. Программно-аппаратный комплекс для автоматического позиционирования заготовки.....	41
ЮМАНОВА А. Н., РАБЫКО М. А. Комплексная обработка изделий из металлов и сплавов, основанная на ТВЧ и тлеющем разряде.....	43
ЮСУПОВ Р. Ю., ЧЕРНИКОВ Д. Г., АЛЕХИНА В. К. Применение магнитно-импульсных технологий в машиностроении.....	44
ЯКУБОВСКИЙ Р. Г., САСКОВЕЦ К. В. Методика контроля точностных параметров редуцирующих механизмов.....	45
Секция 2. Механика машин и механизмов	
БОРОДИН И. А. Расчет кинематических параметров для проектирования модели руки-манипулятора.....	46
КРИВОНОГОВА Е. Г., ТРУСОВ И. В., ПОКЛАД В. В. Качественный анализ технологичности сателлита прецессионного мотор-редуктора.....	47
ЛУСТЕНКОВА Е. С. Влияние коэффициентов трения на КПД сферических роликовых передач.....	49
МОИСЕЕНКО А. Н. Определение КПД сферической роликовой передачи на основе компьютерного моделирования.....	51
ПЛЯЦ Д. С. Применение полимерных материалов в производстве зубчатых колес.....	53
ЧАВРОВ Е. С. Анализ усилий в зацеплении передач с промежуточными телами качения и свободной обоймой.....	54

Секция 3. Технологии получения и обработки новых материалов и покрытий

АВДЕЕВА Е. В. Антибактериальные свойства нетканых материалов на основе полипропилена, модифицированных золь-кеталем.....	55
АВДЕЕВА Е. В. Фильтрующие свойства нетканых материалов на основе полипропилена, модифицированных смесью растворителя.....	56
АНИСИМОВ В. С., АНДРУКОВИЧ А. П. Влияние процентного содержания активатора NH_4Cl на шероховатость поверхности диффузионных хромированных слоев.....	57
АРКАЧЕНКОВА В. В., ПОВАЛЯЕВ П. В. Исследование углеродного материала, полученного при плазменной обработке асфальтенов различного генезиса.....	58
БАШАРИМОВ М. В., ПОЛЯКОВ А. Ю. Совершенствование структуры твердосплавного инструмента, полученного из переработанного лома.....	59
БУРЫКИН Е. А. Двухстадийный способ модификации битума резиновой крошкой.....	60
ДЕУЛИНА Д. Е., ПАЙГИН В. Д. Исследование керамики на основе иттрий-алюминиевого граната.....	61
ЖУЛЬМИНА М. Д. Применение безгалогенных материалов российского производства для судовых герметизированных кабелей.....	62
КОСТЮКЕВИЧ П. А. Алмазоабразивные композиционные материалы для обработки сверхтвердых материалов.....	63
КОЧУГИН А. И., ЛИЩАНКОВ В. А. Рассмотрение напряженно-деформированного состояния полый полосы, подверженной воздействию изгибающих нагрузок.....	64
КУДИНОВ Е. А., МАКАРОВ А. В., ШАПОВАЛОВ А. И. Формирование специальной микрогеометрии поверхности методом вибрационного точения.....	65
КУЗЬМЕНКО Е. Д. Исследование механических свойств и структуры карбонитридной циркониевой керамики.....	66
КУПРЯШОВ А. В. Методика определения оптимального варианта композитного материала корпуса летательного аппарата.....	67
КУРИЛОВИЧ М. А., АЗАРЕНКО И. М. К вопросу использования глауконитсодержащих пород для синтеза стекол различного назначения.....	68
ЛЮБУШКИН Т. Г. Концепт-технология пиро- и гидрометаллургической переработки кварц-лейкоксена.....	69

МАРКЕЛОВА О. А., ФОМИН А. А. Технология создания индивидуальных конструкций внутрикостных имплантатов с использованием аддитивных технологий.....	70
МАРЧЕНКО В. В., ДОБРЯНЕЦ К. А. Получение наночастиц методом низкотемпературного испарительного синтеза.....	71
МИХАЛКО А. М. Структура и свойства покрытий ZNO, сформированных из активной газовой фазы.....	72
НЕКРАСОВ И. К. Влияние обработки потоком низкоэнергетических ионов арамидных и СВМПЭ-волокон.....	73
ОЛЕНЦЕВИЧ А. С. Особенности механосинтеза порошков системы «алюминий – кремний».....	74
ПОДСОСОННАЯ А. Д. Влияние добавок на биоактивность кальций-фосфатной керамики.....	75
САМСОНОВА А. С. Получение керамики на основе системы CaO–SiO ₂ для литья алюминия и его сплавов.....	76
СОСНОВСКАЯ А. И. Оценка возможности применения функциональных нитей для производства текстильных материалов специального назначения.....	77
СТОЛЯР И. А. Возможности метода дифракции обратно рассеянных электронов для изучения структуры быстрозатвердевших фольг сплавов Al–Mg-системы.....	78
ЧАЙКА Д. Ю. Применение полимерных материалов в производстве деталей для оборудования пищевой промышленности.....	79
ЧЕРНЯКОВ А. Г. Совершенствование производства продукции на ОАО «Могилевский металлургический завод».....	80
ЧЕРНЯКОВ Ю. Д. Перспективные направления повышения свойств полых цилиндрических отливок из чугуна.....	81

Секция 4. Новые технологии в сварочном производстве

ЕРМОЛЕНКО Р. А. Система адаптивного управления регулированием мощности в процессе рельефной сварки.....	82
КУКУШКИН Е. Д., РЕЕНТОВИЧ П. А. Разработка программного обеспечения для расчета сварочного тока при контактной рельефной сварке.....	83
ЛЮБАНЕЦ Н. М. Исследование степени влияния длительности пребывания при повышенных температурах на структуру и свойства сварных соединений из дуплексной стали.....	84
СЕРДЮКОВА К. Н. Дуговая наплавка износостойких покрытий с использованием высокоуглеродистых присадочных материалов.....	85
ФЕТИСОВА Е. А., КОРОТЕЕВА А. А. К вопросу о несплавлениях при дуговой сварке в защитных газовых смесях на основе аргона.....	86

ФЕТИСОВА Е. А., ШУКАН Н. А., КОРОТЕЕВА А. А. Установка для смешивания трехкомпонентной защитной газовой среды при сварке.....	88
ШУКАН Н. М., ФЕТИСОВА Е. А., КОРОТЕЕВА А. А. Особенности аддитивного синтеза изделий с контролем тепловложения в основной материал.....	89
ЮМАНОВ Д. Н. Об особенностях контактной рельефной сварки алюминия и его сплавов.....	90
ЮМАНОВ Д. Н., СЕРГЕЙЧИК А. О. О специфике способа контактной рельефной сварки с коррекцией мощности.....	91
 Секция 5. Транспортные и технологические машины	
КУЗЬМЕНКОВА М. С., ХАРИТОНОВ Ю. М. Основные подходы при проектировании волновых технологических аппаратов.....	92
КУРОЧКИН Н. В., БУКАРЬ Н. С. Основы кинематического расчета молотковых дробилок.....	93
ПЛЮСНИНА Ю. А. Совершенствование конструкции ванны длительной пастеризации	94
ТИЩЕНКОВ Н. М. Устройство для переработки отходов, образованных в результате аварийных проливов нефти.....	95
ШЕМЕТОВА О. М. Основы методики расчета пневмосмесителя.....	96
 Секция 6. Проектирование, производство и эксплуатация автомобильного транспорта	
ДАЛИДА Н. В. Создание квадроцикла мотоциклетной посадки на основе трубчатых профилей несущей системы.....	97
ИЛЬИНА И. А., СМИРНОВ П. И. Организация дорожного движения в г. Вологда с внедрением ИТС.....	98
МОИСЕЕВ Е. А., БИЛЫК Е. А., ПОНОМАРЕВА О. А. Эффективность процесса торможения седельного автопоезда.....	99
ПЕТРЕНКО М. Л., БИЛЫК С. Ю., ВАГУРО В. И. Совершенствование расположения источников информации САБ мотоцикла на основе анализа силовых факторов.....	100
САРАНЦЕВА А. А. О необходимости поиска новых технологий переработки покрышек.....	101
ЮШКЕВИЧ А. В., ПЕТРЕНКО М. Л. Совершенствование систем активной безопасности мотоцикла.....	102
ЯРЫШЕВА Ю. И. Повышение эффективности климатической системы автотранспорта за счет учета режимов и условий движения.....	104

Секция 7. Инновации в строительстве

АДАМЕНКО К. А., АВЧИННИКОВА А. П. Обеспечение безопасности пешеходов на улицах города Могилева.....	105
АДАМЕНКО К. А., АВЧИННИКОВА А. П. Обзор проблемы дорожно-транспортных происшествий на улицах города Могилева.....	106
АЛЕКСАНДРОНЕЦ А. А., ТЕРЕЩЕНКО Р. В. Использование внутриофисного вертикального озеленения при проектировании зданий.....	107
АНОДИНА О. Д. Применение композиционного вяжущего материала в технологии производства сухих строительных смесей.....	108
АТРАШЕНКО В. П., ЛОБИКОВА О. М. Применение энергоэффективных фундаментов как способ решения проблемы отопления в частных домах.....	109
АТРАШЕНКО В. П., ЛОБИКОВА О. М. Усовершенствование методики расчета показателя эффективности фундаментов.....	110
БАБАНАЗАРОВ Н. Ш. Инновации и будущее строительной отрасли.....	111
БИБКИНА К. С., ГОЛУШКОВ А. М. Технические решения восстановления балконов при капитальном ремонте зданий.....	112
ГУВАЛЫЕВ Ш. М. Инновации в производстве строительных материалов.....	113
ЗАХАРОВА М. Ю., ШЛЕПНЕВА Е. А. Проектирование и информационное моделирование пространственной среды.....	114
ИВАНОВ Д. В. Обнаружение объектов посредством георадарных изысканий на урбанизированной территории.....	117
КЛЮШЕНКОВА Л. Н. Использование инновационных решений при реконструкции спортивных сооружений	118
КУРОЧКИН Н. В., БОРОДИЧ А. Ю. Результаты теплотехнического расчета учебного корпуса № 5.....	119
ЛУЗЯНИН Д. О. Инновационные способы усиления конструкций Сретенской церкви.....	120
МАТКАРИМОВ А. И. Инновационные строительные материалы: трендовые строительные материалы в архитектурной индустрии.....	121
МЕЛЬЯНЦОВА И. И. Особенности пористых заполнителей в конструкционных керамзитобетонах.....	122
МЯМИЕВ А. Х. Инновационное использование строительных материалов в строительстве.....	123
НИШУКОВА М. А. Использование переработанного пластика в качестве компонента дорожных покрытий.....	124

ОРЛОВСКИЙ П. С. Влияние особенностей проектов АЗС на величину риска аварии	125
ПЕРЕСУНЬКО Ю. Д. Перспективы использования фосфогипса в дорожном строительстве.....	126
ПУСЕНКОВ А. Г. Учет влияния контактных касательных напряжений в нелинейном расчете балочной плиты на упругом основании с наклонным слоем.....	127
РЖЕВУЦКАЯ В. А., МОСКАЛЬКОВА Ю. Г. Цилиндрическая прочность керамзитового бетона	128
СИВАЛЬНЕВА М. Н., КАПУСТА А. С., СИВАЛЬНЕВ К. С., ГОЛЕЦ А. А. Экономическая эффективность производства фибропенобетона с наноструктурированным вяжущим	129
СИРОШ К. А. Исследование НДС бесконечной регулярной системы железобетонных конструкций на упругом основании.....	130
ТЕРЕХОВА М. С., РУДИКОВ С. И. Требования к модели взаимодействия лазерного излучения с бетонами для изучения процессов дистанционной резки.....	131

Секция 8. Автоматизация, электропривод, электрооборудование

ГРОМЫКО И. Л. Диагностика состояния изоляции трансформатора с помощью фигур Лиссажу.....	132
КОКОШНИКОВ И. В. Система низковольтного светодиодного освещения с высокими показателями энергоэффективности, надежности и безопасности.....	133
ЛАРЬКИНА Т. С. К вопросу управления процессом косвенного индукционного нагрева жидкости.....	134
МАКСИМОВ С. П. Анализ методов плавки гололедно-изморозевых отложений на ВЛ 10(6) КВ.....	135
САМОФАЛОВ Ю. О. Применение анизотропных материалов для электродов вакуумных выключателей.....	136
ТОЛПЫГО Н. А., БОБКОВ Н. К. Разработка электропривода перемещения свариваемых деталей	137
ТРЕТЬЯКОВ А. С., КАПИТОНОВ О. А. Исследование характера изменения переменных параметров схемы замещения асинхронного двигателя.....	138
ТРЕТЬЯКОВ А. С., КАПИТОНОВ О. А. Учет переменных параметров асинхронного электродвигателя в тепловых наблюдателях состояния.....	139
ФЕДОТОВ В. В. Нелинейный регулятор положения как средство улучшения точностных показателей в следящем электроприводе.....	140

ФЕДОТОВ В. В. Среда SimInTech для моделирования электроприводов агломерационных машин и линейных охладителей.....	141
ШНИП Д. В. Анализ компоновочных и технических решений молочных такси.....	142
ШНИП Д. В. Анализ состояния рынка молочных такси в СНГ с тяговым электроприводом.....	143

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

ГАВВА М. А. Эффективность использования флокулянтов в очистке фильтра полигона твердых коммунальных отходов.....	144
ГАФУРОВ В. Р. Усовершенствование цифрового колориметра.....	145
ЖБАНОВА В. Л. Внедрение системы цветodelения в цифровой микроскоп.....	146
ЗАЙЦЕВА А. Д. Атомно-эмиссионная спектроскопия с магнитной плазмой. Преимущества и недостатки.....	147
МАРУЦАК Ю. И., ЛЕНЬКО К. А. Экспериментальное сравнение методик определения фрикционных свойств текстильных полотен.....	148
МАШЕРОВА Н. П., ДАНИЛЬЧЕНКО А. Ю. Оценка влияния структуроформирующих добавок на селективность извлечения ¹³⁷ Cs.....	149
МЫРЗАБЕКОВ Б. С. Выбор прибора контроля кислотности и редокс-потенциала водной среды.....	150
ТАЙЛАШЕВА К. А., ПОКРОВСКАЯ Е. А. Максимальные уровни загрязнения в зонах действия металлургического и тепло-энергетического предприятий.....	151

Секция 10. Информационные технологии

ВИТЕЛЮЕВА А. А. Разработка инструкций по созданию процесса анализа уровня защиты на основе открытых источников информации для государственных учреждений.....	152
ГАРИФУЛЛИН Р. Ф. Автоматизация распределения учебной нагрузки.....	153
ДРЯГИН Д. Ю., ШИРОЧЕНКО В. А. Организация оптимальных маршрутов транспорта для доставки товаров покупателям.....	154
КОЛЕСНЕВ Р. В., ШИРОЧЕНКО В. А. Использование средств автоматизации при проведении образовательного процесса.....	155
РОМАНКОВА Н. О. Оценка метода восстановления с помощью сингулярного дополнения матрицы опорного фильтра.....	156
СКРЫЛЕВ Н. П., СИТА Д. В., АЛБКЕИРАТ Д. М. Комплексная модель имитации производственных систем.....	157

СОРОКИН М. Н. Порядок обновления весовых коэффициентов связей нейронной сети.....	158
ТИЩЕНКО К. Г., ВЫГОВСКАЯ Н. В. Разработка программного приложения для распознавания компьютерных изображений в медицинской практике.....	159
УКОЛОВ С. О., ДЕНИСЕВИЧ Д. А. Разработка веб-приложения для оптимизации поиска арендного жилья в сети Интернет.....	160
ХАРЛАМОВ П. С. Барьеры развития систем бизнес-аналитики в Российской Федерации.....	161
ХАРЛАМОВА О. Е. Методы интеллектуального анализа данных для прогнозирования оттока и умного вовлечения клиентов.....	162
ШАЛУХОВА М. А., СИДОРЕНКО А. С. Выстраивание индивидуальных траекторий обучения с использованием ANFIS.....	163
 Секция 11. Инновационная экономика в развитии общества	
БОЯРИНОВА А. А. Глобальные диссонансы мировой валютно-финансовой системы в условиях трансформации.....	164
ГАЛАНЧЕНКО Е. А. Комплексный подход к управлению сбытовой деятельностью предприятия.....	165
ДУДЕНКОВА А. О., МЕЛЬНИКОВА М. А. Совершенствование ассортиментной стратегии предприятия на рынке.....	166
КИРИЛЛОВА Е. А. Направления обеспечения развития инноваций на базе экосистем.....	167
КОЙДА О. С., ПРОХОРОВА А. В. Совершенствование сбытовой деятельности предприятия за счет расширения географии реализации продукции	168
МАСЛОВА К. С. Повышение экономической эффективности переработки молока при производстве инновационного пищевого продукта.....	169
НАРКЕВИЧ Е. А. Внедрение мультимодальных перевозок в системе распределения готовой продукции.....	170
НИПАТРУК Д. А. Комплексный подход к управлению оборотными средствами предприятия.....	171
РЕЗКИН П. Е. Анализ белорусской стартап-экосистемы.....	172
РУБЛЕВА С. А. О необходимости внедрения инновационных технологий в промышленности.....	173
СТЕПАНОВА В. В. Управление инвестиционными проектами на предприятии.....	174
СТЕПАНОВА М. А. Инновационные подходы к механизму управления производительностью труда на предприятии.....	175
ЧУКОВА А. О. Показатели оценки потенциала материально-технического снабжения предприятия.....	176

ЮХНЕВИЧ С. Д. Технико-экономические аспекты некоторых направлений исследований в области вторичной переработки.....	177
ЮХНЕВИЧ С. Д. Технико-экономические аспекты некоторых направлений научных исследований гелиотермальной энергетики.....	178
Секция 12. Проблемы и перспективы развития гуманитарного образования в высшей школе при подготовке специалистов технико-технологического профиля	
ЗАКИРОВ З. Д. Перспективы междисциплинарного взаимодействия в процессе обучения физике и английскому языку.....	179
КОВАЛЕВА А. Ю. Гуманитарное образование в техническом вузе.....	180
ЮХНЕВИЧ С. Д. Об улучшении качества подготовки специалистов за счет гуманитарной составляющей технического образования.....	181

УДК 627.524.2:632

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ В ГОРОДСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

А. А. АЛЕКСАНДРОНЕЦ

Научный руководитель А. В. ЩУР, д-р биол. наук, доц.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Стремительная модификация биосферы, проходящая путем техногенеза, привела к развитию техносферы. Артеприродная среда создает достаточно комфортные условия для существования человека и его самореализации, но в то же время разрушает его взаимодействие с природной средой.

Острая нехватка компонентов природы в современных городах привела к внедрению в архитектурные решения озеленения крыш, создание вертикальных садов на стенах домов, балконное озеленение и посадку микроскверов на площадках между зданиями, активизацию газонного озеленения территорий. Методов достаточно много, но большинство из них дает эффект только в теплое время года. В холодное время, с учетом недостаточной освещенности, подобные решения малоэффективны и недостаточно эстетичны. Недостаток озеленения на фоне нехватки инсоляции часто приводит к осенне-зимним депрессиям у людей.

Снижение качества атмосферного воздуха может привести к различного рода заболеваниям человека, начиная от разнообразных аутоиммунных расстройств и заканчивая онкологией. Значительное воздействие на организм человека оказывают твердые частицы (пыль, сажа или копоть), вызывающие механические повреждения тканей органов дыхания, а также опасные химически активные вещества – сернистый газ, окись углерода, окислы азота, формальдегид [1, 2]. Отмеченные токсиканты попадают в составе атмосферного воздуха через вентиляцию, при прямом проветривании помещений, в жилые и рабочие зоны и представляют опасность для жильцов и работников.

Наиболее экономически целесообразно с целью улучшения качества воздуха в небольших офисных и жилых помещениях использовать вертикальное озеленение. При проектировании жилых и небольших офисных помещений необходимо учитывать возможность создания стенных ниш для вертикального озеленения. Наиболее целесообразно их размещать напротив входных групп и оконных проемов. Возможно планировать размещение в зоне лестничных пролетов и коридорах. В случае оснащения осветительным оборудованием и автоматизированной системой управления освещением

систем вертикального озеленения и использования в них теневыносливых растительных форм, наличие источника дневного света перестает иметь значение. Создание автоматизированного полива вертикального озеленения позволит уменьшить трудозатраты на его обслуживание.

Предлагается в качестве варианта вертикального озеленения для помещений [3–5] использование бриофитоценоза, сочетающего в себе зеленые фотосинтезирующие мхи с растениями, эффективно поглощающими вредные вещества из воздуха. При этом можно производить заращивание мхами вертикальных поверхностей в сочетании с многоярусными ступенчатыми размещениями ящиков с растениями, что позволит при минимальной затрате места иметь значительное растительное покрытие (рис. 1). Данная установка будет выполнена из бионейтральных материалов, что позволит увеличить срок ее эксплуатации и снизит затраты на утилизацию.

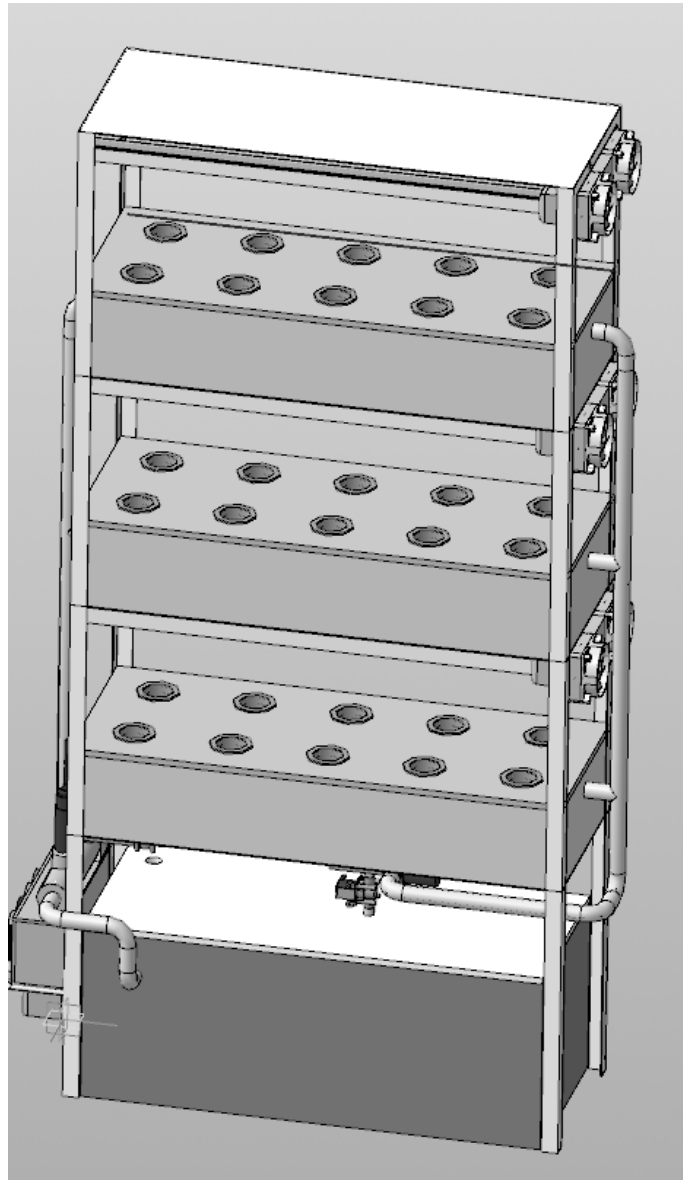


Рис. 1. Установка для вертикального озеленения

Компоновка установки включает ящики для растений, предусматривающие как использование гидропонной системы для выращивания растений (например, методом гравикультуры), так и возможность горшечного размещения цветов. В этом случае можно обеспечить индивидуальный подвод питательных веществ к каждому вазону. Управление потоком питательных веществ, растворенных в воде и подводимых трубопроводом к растениям, осуществляется одноплатным компьютером с учетом показаний датчиков влажности грунта с помощью насоса. Кроме того, дизайн установки позволяет культивировать в ней растения и мхи традиционным способом. В этом случае меняются настройки установки, позволяя проводить полив растений водой по мере надобности, с учетом влажности почвы.

В установке предусмотрена возможность использования осветительных устройств для поддержания уровня освещенности растений и соблюдения летнего фотопериода, чтобы снизить угнетение растений. Регулирование освещенности осуществляется также одноплатным компьютером с учетом показаний датчика освещенности. Вентиляция культивируемых в установке растений, при комнатных температурах, регулируется тем же компьютером с учетом показаний датчиков движения воздуха, температуры и влажности воздуха. При необходимости возможно устанавливать подогревающие элементы, позволяющие в условиях недостаточных температур оптимизировать микроклимат для выращиваемых видов. В указанном случае возможно дополнительно устанавливать на ящиках защитные щитки из прозрачного поликарбоната для уменьшения негативного воздействия низких температур. В таком случае диапазон температур, при которых установка сможет эффективно работать, расширяется от +5 °С до +40 °С.

Размеры установки могут варьироваться в зависимости от проектируемых помещений и приспосабливаться от настольного варианта до крупного стационарного, что позволит использовать ее как вертикальную грядку для круглогодичного производства зеленых (петрушки, укропа, базилика, зеленого лука и т. д.) и пряноароматических различных лекарственных культур непосредственно в квартире или офисе.

Проектирование помещений с возможностью размещения установок вертикального озеленения должно предусматривать наличие дополнительной гидроизоляции на случай аварий и электрических сетей для обеспечения автоматической работы установки. Наличие программного обеспечения, регулирующего работу устройства, позволит интегрировать его в систему «умного дома» и дистанционно управлять и контролировать состояние через приложение в смартфоне. Интуитивно понятный интерфейс позволит управлять

данным устройством людям без специальной подготовки. В случае необходимости предусматривается возможность перевода установки на ручное управление и отключение от дистанционного.

Наличие функции управления режимами питания и освещенности дает возможность использовать устройство в широком диапазоне направлений, включая выращивание рассады, декоративное цветоводство, выгонку цветов и выращивание микрозелени.

Таким образом, считаем, что при разработке строительных проектов целесообразно, по желанию заказчиков, предусматривать возможность размещения установок вертикального озеленения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экология: учебник / А. В. Щур [и др.]. – Рязань: ИП Викулов К. В., 2021. – 248 с.
2. Безопасность жизнедеятельности человека: учебно-методическое пособие для специальностей I ступени высшего образования / А. В. Щур [и др.]. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2021. – 426 с.
3. **Александронец, А. А.** Современные подходы к вертикальному озеленению помещений / А. А. Александронец, А. В. Щур // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 21–22 апр. 2022 г. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2022. – С. 256–257.
4. **Щур, А. В.** Подходы к очистке воздуха офисных и жилых помещений / А. В. Щур, А. А. Александронец // Безопасный и комфортный город: материалы V Междунар. науч.-практ. конф., Орел, 6–8 июня 2022 г. – Орел: Орловский гос. ун-т имени И. С. Тургенева, 2022. – С. 383–385.
5. **Михальков, Д. В.** Целесообразность вертикального озеленения в климатических условиях Республики Беларусь / Д. В. Михальков, В. С. Михальков, А. Ю. Либак // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 25–26 апр. 2019 г. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2019. – С. 275.

УДК 537.877

АНАЛИЗ ОТРАЖЕННЫХ СИГНАЛОВ В ЛИНИИ СОДК

Н. В. ГЕРАСИМЕНКО

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

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Согласно ГОСТ 30732–2006 [1] элементы трубопровода с пенополиуретановой (ППУ) теплоизоляцией должны оснащаться сигнальными проводниками системы оперативного дистанционного контроля (СОДК) (рис. 1) [2].

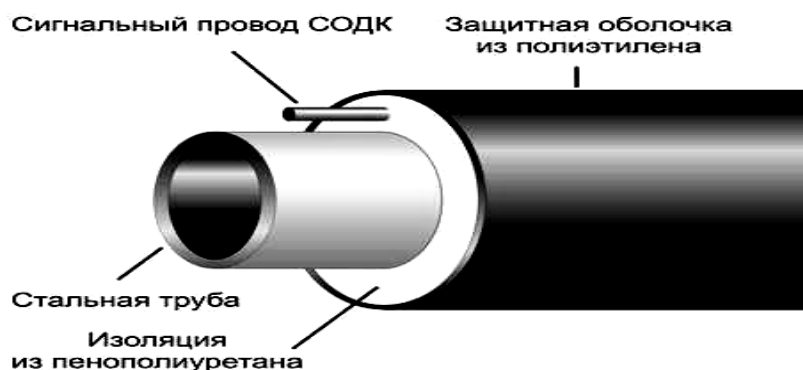


Рис. 1. Проводник СОДК в изоляционном слое трубы

Сигнальные проводники в составе системы используются для периодического или непрерывного мониторинга состояния трубопроводов при помощи приборов, оценивающих электрическое сопротивление слоя теплоизоляции (пороговых детекторов) или импульсных рефлектометров. Последние позволяют выполнить оценку расстояния от точки подключения к линии до участка теплоизоляции, электрическое сопротивление которого значительно ниже, чем в нормальном состоянии. При помощи импульсных рефлектометров также возможно обнаружить повреждения самой линии СОДК. Это могут быть короткие замыкания, обрывы проводников или неоднородность расстояния от поверхности металлической трубы до проводника.

В [2, 3] впервые была представлена математическая модель линии СОДК, основанная на теории длинных линий. Дальнейшее развитие математической модели и разработка численных и аналитических методов решения уравнений позволили получить широкое представление о свойствах отраженных сигналов в линии СОДК при различных видах повреждений, а также особенности их распространения.

Приведем здесь наиболее важные случаи (рис. 2), а именно виды отраженных сигналов при наличии дефектов типа «увлажненный участок» (см. рис. 2, *а*) и «повышенное контактное сопротивление» (см. рис. 2, *б*). Первый дефект возникает из-за утечки теплоносителя из основной трубы или при проникновении воды из грунта в случае повреждения защитной

полиэтиленовой оболочки. Локация таких участков с целью устранения повреждений является важной задачей и позволяет предотвратить масштабные аварии в теплосетях. Дефект второго типа возникает при некорректном монтаже линии СОДК, некачественной пайке и изломах проводников, а также в местах соединения выводов рефлектометра и линии.

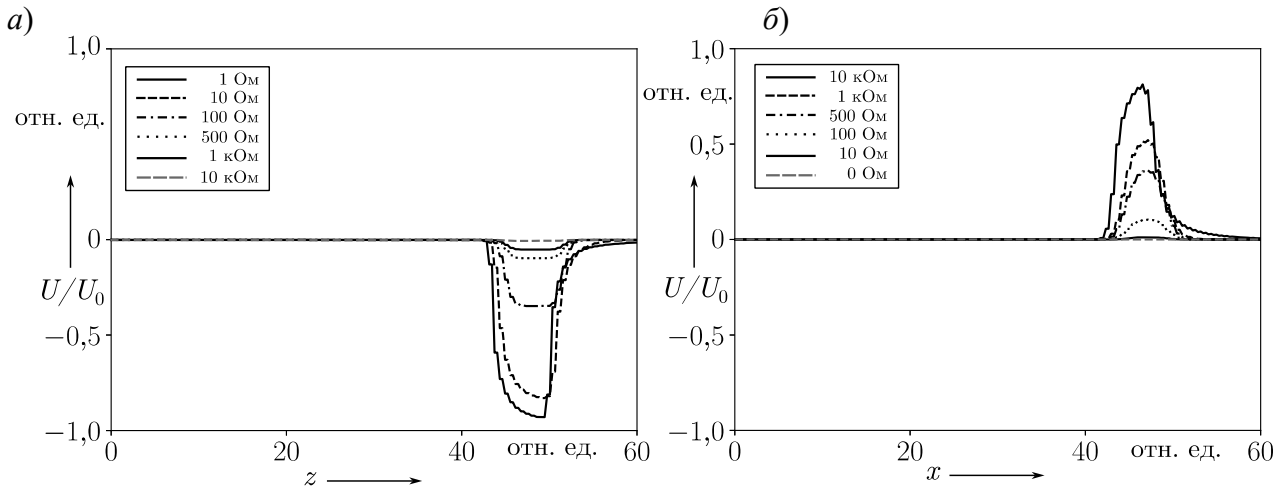


Рис. 2. Отраженные сигналы при наличии увлажненного участка теплоизоляции (а) и при повышенном контактном сопротивлении (б). Исследования выполнены для различных значений сопротивлений

Как можно видеть из рисунка, тип дефекта влияет на форму и полярность отраженных сигналов, при этом, например, степень увлажнения теплоизоляционного слоя (как следствие, величина пониженного электрического сопротивления) оказывает влияние на амплитуду отраженного сигнала. Анализ результатов моделирования различных видов неоднородностей и дефектов в линии СОДК дает возможность установить зависимости, важные для дальнейшей настройки приборов-рефлектометров и идентификации сигналов, обусловленных дефектами, что позволит повысить достоверность результатов диагностики с применением импульсной рефлектометрии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **ГОСТ 30732–2006.** Трубы и фасонные изделия стальные с тепловой изоляцией из пенополиуретана с защитной оболочкой. Технические условия.
2. **Герасименко, Н. В.** Математическая модель ПИ-трубопровода тепловой сети для контроля мест повреждения методом рефлектометрии / Н. В. Герасименко // Интеллектуальные информационные технологии, энергетика и экономика: материалы XIV Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. – Смоленск, 2020. – Т. 3. – С. 29–33.
3. **Герасименко, Н. В.** Математическое моделирование системы оперативного дистанционного контроля на основе телеграфных уравнений / Н. В. Герасименко, С. В. Болотов // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов. – Могилев, 2020. – Т. 1. – С. 57–60.

УДК 621.791.754

ТЕХНОЛОГИЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ С МОДИФИКАЦИЕЙ ЗАЩИТНОЙ ГАЗОВОЙ АТМОСФЕРЫ ГАЛОИДНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

Е. А. ФЕТИСОВА

Научный руководитель А. О. КОРОТЕЕВ, канд. техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Управление и контроль процессом переноса электродного металла и микроструктуры сварочных материалов в целях получения качественного сварного соединения с требуемыми эксплуатационными свойствами в настоящее время является актуальным вопросом. Появление новых сварочных материалов со сложной системой легирования требует новых подходов к уже существующим способам воздействия на данный процесс.

Одним из способов воздействия на металлургические и физико-химические процессы, происходящие в зоне горения дуги, при сварке плавящимся покрытым электродом является выбор состава покрытия. В дуговой автоматизированной сварке под флюсом управлять металлургическими процессами и структурой наплавленного металла можно также с помощью выбора состава неметаллического гранулированного порошка – сварочного флюса.

Практическое применение при дуговой механизированной сварке находят порошковые проволоки, которые также используют для активации и интенсификации вышеуказанных процессов. Однако в качестве сварочного материала чаще всего используют сварочную проволоку сплошного сечения, и возможность управления и контроля процесса переноса электродного металла существенно снижается. Перспективным методом управления металлургическими процессами является модификация защитной среды газообразными компонентами. Важным аспектом в этом случае является доступность и нетоксичность вводимых в состав газовой атмосферы таких компонентов.

Для совершенствования традиционного способа дуговой сварки в защитных газах было предложено вводить в зону защитной газовой среды галоидное соединение SF_6 . Благодаря своим свойствам SF_6 широко используется в различных отраслях науки и промышленности. Гексафторид серы применительно к сварке известен своей способностью сжимать сварочную дугу из-за высокого потенциала ионизации что приводит к увеличению глубины проплавления. Такой эффект благоприятно сказывается на качестве и работоспособности сварных соединений и позволяет существенно повысить производительность процесса сварки.

Разработка предлагаемой технологии направлена на изменение характера переноса электродного металла, условий плавления сварочной проволоки, управление и контроль микроструктуры наплавленного металла. Кроме того,

введение газообразного гексафторида серы (SF_6) в защитную атмосферу оказывает существенное влияние на снижение чувствительности сварочных материалов к водороду.

Для подтверждения практического применения предлагаемой технологии дуговой сварки был проведен ряд исследований с использованием роботизированного комплекса Fanuc ARC Mate 100iC с источником питания Fronius TPS 3200. В качестве сварочных материалов использовались низкоуглеродистая низколегированная сталь 09Г2С, сварочная проволока Св-08Г2С и трёхкомпонентный защитный газ Ar (82 %) + CO_2 (18 %) + SF_6 . Количество вводимого в защитную атмосферу газообразного галоидного соединения SF_6 составляло от 0,5 % до 5 %. Наплавка выполнялась при значениях силы сварочного тока 130...200 А, значениях напряжения на дуге 14...22 В. Расход газовой смеси составлял 12...14 л/мин.

Для получения трехкомпонентной среды Ar + CO_2 + SF_6 была разработана установка, которая позволяет получить требуемое процентное соотношение газов в составе защитной газовой атмосферы путем последовательного их смешивания.

Для определения введения оптимального количества галоидных соединений в составе защитного газа и их влияния на содержание серы в наплавленном металле была выполнена серия наплавов с последующим спектральным оптико-эмиссионным анализом на специализированной установке GNR SCP.

По результатам проведенного химического анализа выявлено, что количество серы в наплавленном металле с увеличением значения напряжения на дуге и количеством вводимого в состав защитного газа SF_6 возрастает, а значение содержания углерода существенно снижается. Такое явление связано с химическим взаимодействием углерода с фтором, которое впоследствии приводит к образованию подверженных выгоранию продуктов их реакции [1].

Установлено, что при введении газообразного гексафторида серы в состав защитной газовой атмосферы на основе Ar (82 %) + CO_2 (18 %) значение на дуге оказывает существенное влияние на металлургические процессы в дуговом промежутке. Воздействие усиливается с увеличением количества вводимого SF_6 в защитный газ. Отмечено, что при повышении значения напряжения на дуге частота отрыва капель расплавленного электродного металла возрастает, а гексафторид серы изменяет характер переноса капель. При увеличении длины дугового промежутка влияние продуктов диссоциации SF_6 на расплавленный электродный металл увеличивается, что связано со временем пребывания и взаимодействия капли с компонентами защитного газа [2].

Отмечено, что количество вводимого гексафторида серы в газовую атмосферу, которое оказывает положительное влияние на процессы при сварке, составляет 1 %...1,5 %. Дальнейшее увеличение содержания SF_6 приводит к насыщению металла серой, что отрицательно сказывается на эксплуатационных свойствах сварных соединений.

После проведения механических испытаний сварных соединений на ударный изгиб, выполненных в среде защитного газа на основе аргона с добавлением SF_6 в количестве 1 %, 2 % и 3 % при значениях температуры 20 °С, –20 °С и –40 °С, был сделан вывод, что применение галоидного газообразного соединения при дуговой сварке позволяет повысить прочностные характеристики сварных соединений, что говорит о возможности повышения способности сварных соединений, выполненных по предлагаемой технологии, воспринимать нагрузки без разрушения по сравнению с образцами, выполненными по традиционной технологии.

Ключевым моментом в предлагаемой технологии дуговой сварки является наличие в газообразной составляющей SF_6 фтора, который существенно повышает эффективный потенциал ионизации защитной среды $Ar + CO_2 + SF_6$ и играет важную роль в борьбе с подвижностью диффузионного водорода, который является одной из причин возникновения трещин в сварных соединениях.

В ходе исследований была проведена качественная оценка наличия выделяющихся газовых пузырьков в наплавленных образцах, выполненных в защитной среде $Ar + CO_2$ и с добавлением в нее гексафторида серы. Способность SF_6 образовывать нерастворимые стабильные химические соединения фтористого водорода (HF) при его диссоциации от воздействия высокой температуры дуги является причиной отсутствия газовыделений на поверхности наплавки, полученной по разработанной технологии [3].

Таким образом, преимуществом разработанной технологии является возможность управления процессами, происходящими в дуговом промежутке, путем контролируемого дозированного ввода третьего компонента на основе галоидного соединения в защитную газовую атмосферу, что позволит получать сварные соединения с заданными прочностными показателями и химическим составом, повысить качество, производительность процесса сварки и работоспособность сварных соединений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Фетисова, Е. А.** Особенности металлургических процессов при дуговой сварке с модификацией защитной газовой атмосферы галоидными соединениями / Е. А. Фетисова, А. О. Коротеев, А. А. Коротеева // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2022. – № 1. – С. 87–96.
2. **Фетисова, Е. А.** Перспективные технологии управления переносом электродного металла при дуговой сварке в среде защитных газов / Е. А. Фетисова, В. П. Куликов // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2019. – С. 96.
3. **Фетисова, Е. А.** Влияние гексафторида серы в составе газовой защитной атмосферы при дуговой сварке на содержание водорода в наплавленном металле / Е. А. Фетисова, А. О. Коротеев, В. П. Куликов // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2021. – С. 174.

УДК 621.91.01/02

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

В. С. АНИСИМОВ, Г. И. ГВОЗДЬ, М. С. МОРОЗ

Научный руководитель Н. Н. ПОПОК, д-р техн. наук, проф.

Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой
Новополоцк, Беларусь

Складывающиеся внешние и внутренние экономические условия определяют необходимость расширения ассортимента выпускаемой продукции, в том числе машиностроительного профиля. В связи с этим значительно расширяется применение многоцелевых станков с ЧПУ, оснащенных множественными инструментальными магазинами с разнообразными типами режущих инструментов. Неравномерный износ парка инструмента инструментального магазина, связанный в первую очередь с их различной стойкостью и надежностью, приводит к частым остановкам оборудования и простоям.

Предлагается система (гамма) блочно-модульных режущих инструментов (БМРИ) на основе унифицированного блока резцового, включающая резцы токарные расточные, резьбовые, проходные и т. д., фрезы торцовые, дисковые, охватывающие и т. д. [1].

Разработана методика исследований надежности режущих инструментов, включающая сравнительную оценку прогнозных характеристик производительности и себестоимости обработки, стойкости режущих инструментов и качества обработанных поверхностей деталей, которая позволяет установить их зависимости изменения и определить оптимальные значения стойкости и времени работы конкретным типом режущего инструмента.

Научно обосновано повышение надежности и прежде всего долговечности и ремонтпригодности БМРИ на основе уравнивания стойкости разных типов режущих инструментов в инструментальных магазинах во время обработки и сокращения времени на их замену, дефектацию и настройку вне станка за счет применения унифицированных конструктивных модулей и блоков.

Установлен технологический регламент замены, дефектации и настройки режущих инструментов, включающий значения времени работы на станке и вне станка и позволяющий сократить время и стоимость проводимых работ от 1,2 до 2,7 раза, что обеспечивает реализацию принципа одновременной замены всех типов режущих инструментов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блочно-модульные режущие инструменты. Альбом: учебно-методическое пособие / Н. Н. Попок [и др.]. – Новополоцк: Полоц. гос. ун-т, 2021. – 164 с.

УДК 621.9.06

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МНОГОЦЕЛЕВОЙ ОБРАБОТКИ

В. А. БЕЛЯКОВИЧ

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

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Исследование проведено на примере технологического процесса узла валка 4ФВ76. Тип производства единичный.

В исследовании рассматривались три варианта обработки детали на токарных станках с ЧПУ. Первым вариантом является обработка на токарном станке с ЧПУ с одной револьверной головкой, вторым – обработка двумя револьверными головками одной детали, третьим – параллельная обработка двух боковых частей валков.

В качестве оборудования для токарной операции рассматриваются станки с противопинделем компании DMG MORI: CTX beta 800 4A; CTX beta 500 linear.

В ходе исследования спроектированы эскизы обработки боковой части валка на станке CTX beta 500 linear. На основании эскизов рассчитаны затраты времени на выполнение программы.

После расчета затрат времени на выполнение программы спроектированы два варианта обработки детали на станке CTX beta 800 4A.

В первом варианте ведется обработка одной боковой части валка 4ФВ76 двумя револьверными головками.

Во втором варианте ведется параллельная обработка двух боковых частей валка 4ФВ76 с одновременной обработкой двумя револьверными головками при сверлении отверстий диаметром 17 мм и зенковании фасок в отверстиях диаметром 17.

Основываясь на расчетах затрат времени (табл. 1) на выполнение программы и эскизах обработки, рассчитали время обработки по переходам для каждого варианта.

Табл. 1. Результаты затрат времени

Наименование перехода	Время, мин		
	Первый вариант	Второй вариант	Третий вариант
Итоговое время за установ А	2,5864	2,3135	2,3135
Итоговое время за установ Б	1,8149	1,3084	1,8149 (п)
Итого	4,4015	3,6219	2,3135

На основе экономических расчетов разработан вариант обработки на станке CTX beta 800 4A с параллельной обработкой двух боковых частей валка, что позволило сократить время обработки.

УДК 004.75

АНАЛИЗ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ НИЗОВОЙ АВТОМАТИКИ НА ОБЪЕКТАХ КОММУНАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

М. В. ВЕСЕЛОВ

Научный руководитель С. Б. ФЕДОТОВСКИЙ, канд. техн. наук, доц.
Вологодский государственный университет
Вологда, Россия

Автоматизация сбора технологических параметров объектов коммунальной электроэнергетики, таких как электрические и трансформаторные подстанции, распределительные пункты, системы наружного освещения и другие является, несомненно, актуальной задачей, т. к. эти объекты, как правило, очень сильно распределены по территории населенных пунктов и зачастую не имеют постоянного обслуживающего персонала. Внедрение системы цифровой автоматики позволит сократить время на локализацию места повреждения, проведение оперативных переключений, ликвидацию аварийных ситуаций и в конечном счете сокращение недоотпуска электроэнергии потребителям.

Возможны два варианта построения системы низовой автоматики подстанции: установка контроллера на каждую ячейку или применение одного контроллера с дополнительной аппаратурой расширения. В первом случае увеличивается отказоустойчивость системы телеметрии и по факту представляет собой промышленную локальную вычислительную сеть с применением коммутаторов или еще и маршрутизаторов. Экономически достаточно затратный вариант.

Установка одного контроллера приведет к увеличению монтажных работ по прокладке кабельной системы, покупке аппаратуры расширения в случае большого количества сигналов телеизмерений и увеличению риска отказа системы в целом. Однако достаточно будет снижена стоимость такой цифровизации, т. к. все же один контроллер будет стоить дешевле, чем аппаратура расширения к нему, которая к тому же не входит в обязательный комплект, снижена стоимость программной части системы вследствие отсутствия необходимости поддержки сети. Снижение трудоемкости монтажных работ по прокладке кабелей можно, вероятно, сократить с помощью беспроводной среды передачи, но наличие высоковольтного коммутационного оборудования, используемого во время гроз, северных сияний и прочего, может привести к ложным срабатываниям или получению недостоверной информации. Это можно компенсировать более сложными алгоритмами фильтрации, хотя вряд ли экономически целесообразно.

Здесь рассмотрены варианты построения низовой системы телемеханики на подстанции и представлены, на взгляд автора, наиболее рациональные схемные решения.

УДК 621.9:620.179.1

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АКУСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

П. П. ГРУДЕНКОВ

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

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Контроль условий резания на автоматизированном оборудовании является важной частью процесса резания и всего технологического процесса, а также актуальной темой научных трудов.

В исследовании разработаны система акустического контроля технологических операций и алгоритм её поведения.

Работа устройства заключается в улавливании и анализе шумов станка при обработке детали, а также в корректировании режимов обработки исходя из полученных данных.

В ходе исследования была выявлена нелинейная зависимость уровня шума и получаемого сигнала от АЦП. С помощью приложения Sound meter измерен окружающий шум. Построена таблица зависимости сигнала АЦП и уровня окружающего шума, которая позволяет методом линейной регрессии получить значения АЦП при определенном уровне шума в децибелах; на основании этого можно записать следующее уравнение:

$$ADC = (11,003dB) - 83,2073, \quad (1)$$

где ADC – данные АЦП; dB – уровень шума.

Из уравнения (1) можно получить нужное выражение для расчета уровня шума, измеряемого в децибелах, на основании данных АЦП:

$$dB = \frac{(A + 83,2073)}{11,003}. \quad (2)$$

В результате исследования разработаны таблица зависимости сигнала АЦП и уровня окружающего шума, алгоритм обработки данных уровня шума станка при обработке детали, электрическая схема, а также сборочный чертеж акустической системы контроля, устанавливаемой на стойку ЧПУ 808-D.

УДК 533.6.013.622

ПРИМЕНЕНИЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

М. А. ЗИДУН¹, М. ХАМЗА¹, М. О. САВКИН¹

Научный руководитель И. В. СТЕПАНЯН², д-р биол. наук, проф.

¹Российский университет дружбы народов

²Институт машиноведения им. А. А. Благонравова РАН
Москва, Россия

Беспилотные летательные аппараты быстро находят место в широком спектре сложных и разнообразных применений. Эти приложения используются как в гражданском, так и в военном секторах. Патрулирование дорожного движения, дистанционное зондирование, картографирование, спасение людей и животных, мониторинг окружающей среды, обнаружение целей и инспекция инфраструктуры – вот лишь несколько примеров.

Однако использование беспилотных летательных аппаратов в этих приложениях требует высокой степени автономии. Другими словами, беспилотные летательные аппараты должны быть способны выполнять запланированные миссии в непредвиденных условиях без необходимости участия человека. Многие алгоритмы искусственного интеллекта были созданы для того, чтобы гарантировать такую степень автономии. Эти алгоритмы были разработаны для наведения, навигации и управления беспилотниками. В данном случае использовано подмножество этих алгоритмов – глубокое обучение с подкреплением (RL). Действительно, методы обучения с подкреплением широко применяются во многих областях исследований беспилотных летательных аппаратов. Планирование оптимального маршрута для беспилотного летательного аппарата в городских условиях требует большого набора данных, собираемых с распределенных узлов, например с датчиков, а также других изменяющихся параметров, таких как количество и местоположение этих узлов. В ходе исследования создан алгоритм обучения, который генерирует сетевую архитектуру на основе компьютерного зрения. Сеть с глубоким подкреплением обучается с использованием таких параметров, как объекты, распознанные камерой автономного дрона, положения датчиков и номера. В изменяющихся сценариях предлагаемая сеть позволяет беспилотному летательному аппарату корректировать свое поведение и принимать решения о движении.

Требуются дополнительные технические и алгоритмические усовершенствования, прежде чем беспилотный летательный аппарат сможет быть полностью автономным. В последнее время были предприняты усилия по включению методов искусственного интеллекта, таких как глубокое обучение с подкреплением (Deep Reinforcement Learning – DRL), чтобы беспилотник мог безопасно перемещаться в неизвестной среде.

УДК 621.9.08, 621.83.06

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ СТЕНД ДЛЯ КОНТРОЛЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ

О. А. КАПИТОНОВ, Р. Г. ЯКУБОВСКИЙ

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

Разработан стенд для контроля кинематических погрешностей механических передач при их изготовлении. Стенд содержит приводной электродвигатель, подключенный к ведущему валу контролируемой передачи, нагружаемый электродвигатель и подсоединенный к нему редуктор, последний кинематически связан с выходным валом контролируемой передачи. К нагружаемому электродвигателю подключен преобразователь частоты для изменения скорости вращения электродвигателя. Конструкция стенда позволяет возвращать часть электроэнергии в сеть, при этом нагружаемые электродвигатель и редуктор работают в генераторном режиме. Разработана методика расчета потребляемой и возвращаемой мощности стендом. Рассчитаны угловые скорости и моменты сил на валах электродвигателей, редуктора и контролируемой передачи.

Разница между потребляемой и возвращаемой мощностями стенда

$$\Delta N = N_1 - N_2 = M_n \omega \left[\frac{1}{\eta_{1nc} \eta_{1dv} \eta_{1red}} - \eta_{2red} \eta_{2dv} \eta_{2nc} \right],$$

где N_1 – мощность, потребляемая из сети; N_2 – мощность, которая возвращается в сеть; M_n – нагрузочный момент на выходном валу контролируемого редуктора; ω – угловая скорость выходного вала контролируемого редуктора; η_{1nc} – КПД преобразователя частоты, установленного на приводном электродвигателе; η_{1dv} – КПД приводного электродвигателя; η_{1red} – КПД контролируемого редуктора; η_{2nc} – КПД преобразователя частоты, установленного на нагружаемом электродвигателе; η_{2dv} – КПД нагружаемого электродвигателя; η_{2red} – КПД нагружаемого редуктора.

Возвращаемая мощность составила 40 %...50 % от потребляемой мощности при работе стенда с различными задаваемыми исходными данными.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование кинематической погрешности планетарного эксцентрикового редуктора / А. В. Капитонов [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2014. – № 3. – С. 14–24.
2. Капитонов, А. В. Методы оценки точности малогабаритных планетарных передач с промежуточными телами качения / А. В. Капитонов, В. М. Пашкевич // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. – Минск: Объед. ин-т машиностроения НАН Беларуси, 2020. – Вып. 9. – С. 51–54.

УДК 621.9

ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ СОВМЕЩЕННОЙ ОБРАБОТКИ РАЗВЕРТЫВАНИЕМ И МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКИМ РАСКАТЫВАНИЕМ

А. А. КОПЫТАЕНКО, Н. В. РУБИНЧИК
 Научный руководитель А. С. КРУЧИНИНА
 Белорусско-Российский университет
 Могилев, Беларусь

Разработана конструкция совмещенного инструмента, предназначенная для обработки цилиндрических поверхностей отверстий и выполняющая за один технологический проход операцию чистового развертывания и магнитно-динамического раскатывания на станках токарной, сверлильной или фрезерной групп с достижением 7–9-го квалитетов точности и обеспечением низких показателей шероховатости [1]. Конструкция совмещенного инструмента включает развертку 1, втулку 2 с элементом для удаления стружки 3 и фетровую втулку 4, установленные для последующей очистки и подготовки поверхности к магнитно-динамическому раскатыванию. Диск 5 и магнитная обойма 7 с осевым расположением источников магнитного поля 8 образуют кольцевую камеру с деформирующими элементами 6. Конструктивно разработанный защитный элемент диска 5 предотвращает несанкционированный вылет деформирующего элемента 6. Диск 9 препятствует выпадению источников магнитного поля 8. Гайка 10 поджимает конструкцию совмещенного инструмента на оправке 11.

На рис. 1 представлена конструкция совмещенного инструмента.

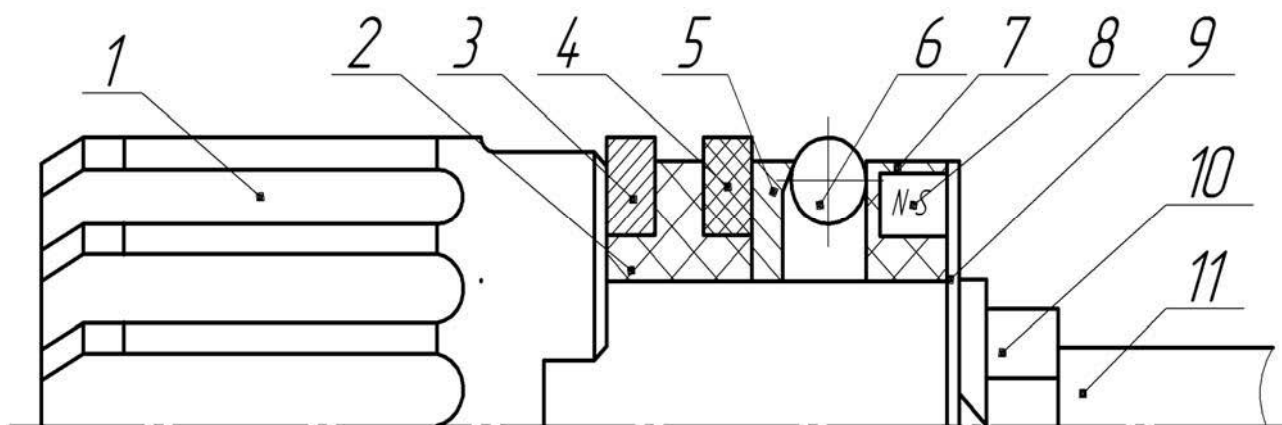


Рис. 1. Конструкция совмещенного инструмента

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

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

УДК 621.876:621.9

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ИНЕРЦИОННОГО ОГРАНИЧИТЕЛЯ СКОРОСТИ ЛИФТА

Т. В. ЛАПЦЕВИЧ, А. В. КУЦЕПОЛЕНКО, М. Э. ПОДЫМАКО

ОАО «Могилевлифтмаш»

Могилев, Беларусь

В связи с широким внедрением прогрессивных технологических способов обработки металла происходит постоянное развитие производственно-технологической базы. Поэтому перед инженером при проектировании изделия стоит задача проанализировать технико-экономическую целесообразность привычных конструкторских решений, основанных на классических способах обработки. В случае, если сравнительный функционально-стоимостной анализ изделия показывает необходимость использования появившихся технологических возможностей, то для обеспечения их применения конструкция изделия должна быть переработана.

Такой подход культивируется компанией Schindler Elevator Corporation при производстве инерционного ограничителя скорости лифта SA GBP 201 [1], разработанного на базе патента фирмы INVENTIO AG [2], в котором литой маятниковый рычаг заменен сборным рычагом, состоящим из набора листовых деталей, полученных одним из альтернативных методов обработки материала: либо лазерной резкой, либо, в случае оправданных затрат на изготовление оснастки, штамповкой. Кроме того, изготовление корпусных деталей ограничителя скорости и его маятникового рычага из листов одинаковой толщины дополнительно позволяет повысить унификацию изделия.

На ОАО «Могилевлифтмаш» тоже применяются подходы, направленные на проектирование технологичных конструкций. Примером может служить описанная в [3] переработка конструкции маятникового ограничителя скорости, в котором наиболее трудоемкие элементы были получены лазерной резкой вместо классической технологии их изготовления, использующей механическую обработку литых заготовок. При этом было выполнено требование гарантированного выполнения изделием его функционального назначения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Schindler 3100/3300/6300/ Owner's Manual September 2017. J43402603/01. Инструкция по эксплуатации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.manualslib.com/manual/1658715/Schindler-3100.html?page=195#manual>. – Дата доступа: 14.09.2022.
2. Pat. US 2013/0105250 A1. Assignee: INVENTIO AG.
3. Выбор конструкции детали как определяющий фактор технологичности и себестоимости ее изготовления на примере деталей ограничителя скорости лифта, получаемых лазерной резкой вместо их отливки с последующей механической обработкой / Т. В. Лапцевич [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2022. – № 3 (76). – С. 52–59.

УДК 675.055.165.001.76

ВАЛКОВАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МАШИНА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

А. М. НАБИЕВ

Институт механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз
Ташкент, Узбекистан

В настоящее время нами разработана конструкция многооперационной валковой машины [1]. Машина состоит из двух станин карусельного типа, на которых на двух валах 1, 2 установлены по две параллельные крестовины 3, 4 с возможностью их вращения. На концах крестовин 3, 4 крепятся параллельно рабочие валы четырех последовательных технологических операций расправки 5 и 6, отжима 7 и 8, разводки 9 и 10, а также растяжки 11 и 12 волокнистого материала 13, например кож (рис. 1).

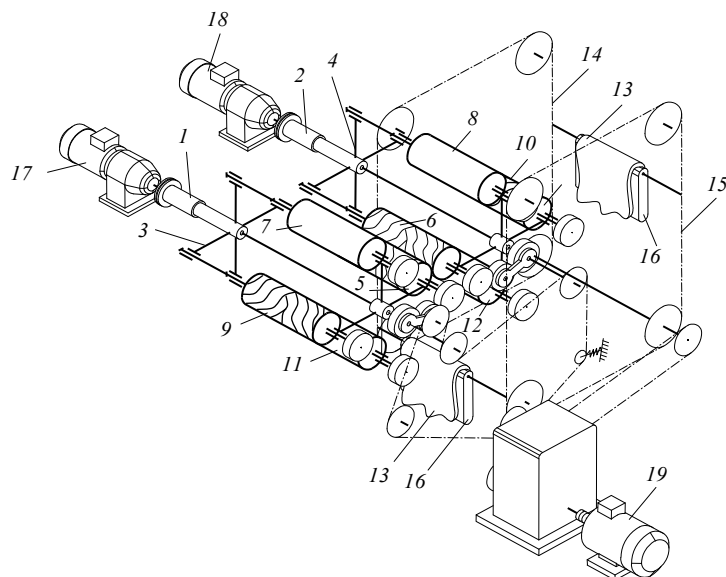


Рис. 1. Схема валковой технологической машины

Преимуществом предлагаемой многооперационной валковой машины для механической обработки кож или шкур является то, что на ней также можно осуществить другие технологические операции, например, операции строгания, мездрения, шлифования или др. Снижается ручной труд загрузки и выгрузки кож 13. Чем длиннее цепи 14, 15 и больше количество опорных плит 16 с кожами 13, тем меньше вспомогательное время укладки и съема кож 13 с опорных плит 16 и время останова электродвигателей машины 17–19.

Разработанная конструкция валковой машины для механической обработки кож будет полезна для развития малого и среднего бизнеса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработка механизма привода рабочих органов многооперационной валковой машины / Г. А. Бахадиров [и др.] // Вестн. Туринского политехн. ун-та в г. Ташкенте. – 2019. – № 2. – С. 108–110.

УДК 621.787

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКОГО НАКАТЫВАНИЯ НА МИКРОРЕЛЬЕФ ПЛОСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

А. А. ПАНЬКОВ, И. А. ТАРАДЕЙКО, А. С. КРУЧИНИНА
Научный руководитель С. А. СУХОЦКИЙ, канд. техн. наук, доц.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Магнитно-динамическое накатывание является одним из перспективных способов отделочно-упрочняющей обработки поверхностным пластическим деформированием плоских поверхностей деталей машин. При магнитно-динамическом накатывании упрочнение поверхности осуществляется инструментом, состоящим из оправки, корпуса, магнитной системы и двух рядов шаров – ударников и деформирующих (инденторов). Обработка осуществляется за счет энергии магнитного поля (от постоянного магнита или электромагнита), обеспечивающего взаимодействие шаров-ударников с деформирующими инденторами.

Характеристики образующегося микрорельефа – шероховатость и волнистость поверхности, глубина и шаг расположения лунок, маслостойкость – оказывают значительное влияние на эксплуатационные свойства упрочненной поверхности детали [1].

Проведенные исследования показывают, что наибольшее влияние на характеристики микрорельефа, образуемого при магнитно-динамическом накатывании, оказывают подача инструмента и частота вращения.

Установлено, что с ростом подачи инструмента увеличивается шероховатость обрабатываемой поверхности, шаг микролунок и их глубина.

Влияние частоты вращения инструмента на шероховатость упрочненной поверхности неоднозначное. При увеличении частоты вращения до определенной величины значение шероховатости уменьшается. При дальнейшем росте частоты вращения шероховатость поверхности также начинает увеличиваться. Таким образом, для конкретного обрабатываемого материала необходимо устанавливать свои оптимальные значения частоты вращения инструмента с целью достижения минимальной шероховатости и обеспечения максимальной производительности процесса магнитно-динамического накатывания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сухоцкий, С. А. Исследование микрорельефа плоских поверхностей заготовок, упрочненных магнитно-динамическим накатыванием / С. А. Сухоцкий // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2016. – № 3. – С. 86–94.

УДК 67.08

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИХСЯ БИОФИЛЬТРОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Д. С. ПЛЯЦ

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

Фильтрация является одним из наиболее важных процессов очистки воды и сточных вод. Любой тип фильтра с прикрепленной биомассой на фильтрующем материале может быть определен как биофильтр.

Биофильтр является одним из самых продуктивных устройств для очистки сточных вод, но он имеет существенный недостаток – заиливание поверхности фильтра органическими веществами. Для устранения данной проблемы необходимо усовершенствование очистного устройства, пример которого представлен на рис. 1.

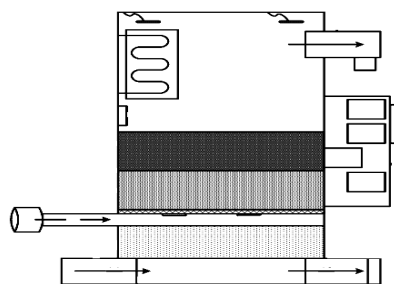


Рис. 1. Самовосстанавливающийся биофильтр

Резервуар биофильтра получает неочищенную воду через приемный патрубок, фильтрует ее через фильтрующую массу и выбрасывает очищенную воду через выходной патрубок. Фильтрующая масса включает слои гравия и активированного угля, разделенные сетчатым экраном. Впускная воздушная линия расположена под сетчатым экраном. Периодически биофильтр самоочищается, открывая промывочный клапан, который выпускает поток промывочной воды, несущий мусор [1].

Устройство периодически останавливает фильтрацию на время, позволяя биологическим веществам, оставшимся на активированном угле, разлагаться в биомассу. Периодически биофильтр удаляет и вымывает биомассу с помощью воды или смеси воздуха с водой.

Таким образом, данное решение позволит существенно увеличить качество очистки и уменьшить время, затраченное на процесс фильтрации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Новикова, М. А.** Технические системы обеспечения заданных показателей качества воды / М. А. Новикова, О. Н. Романова, М. Г. Куликова // Инновации, качество и сервис в технике и технологиях: материалы 4 Междунар. науч.-практ. конф.: в 3 т. – Курск: ЮЗГУ, 2014. – Т. 2. – С. 67–70.

УДК 621.785

ПРОМЫШЛЕННАЯ АПРОБАЦИЯ ШТАМПОВЫХ СТАЛЕЙ
ОБРАБОТКОЙ ТЛЕЮЩИМ РАЗРЯДОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ПРИКАТОДНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

М. А. РАБЫКО¹, В. В. ШЕМЕНКОВ²

Научный руководитель В. М. ШЕМЕНКОВ¹, канд. техн. наук, доц.

¹Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

²Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

В условиях сложной экономической ситуации, которая в последние годы сложилась в мире, одной из наиболее важных и ключевых задач, стоящих на многих предприятиях, особенно машиностроительного профиля, является конкурентоспособность продукции, которая напрямую зависит от эффективности всего производства.

В результате сотрудничества с ОАО «ТАиМ» проводились испытания штамповой оснастки из стали 5ХЗВЗМФС ГОСТ 5950–2000 для получения гайки колесной 4370–3104038. Испытания упрочненного инструмента проводились в термическом отделении МСЦ (горячая штамповка). Обработываемый материал: сталь 40Х по ГОСТ 4543–71. Оборудование: штамп 576.587.1330–4008, температура заготовки перед операцией штамповки $T \approx 900$ °С.

Типовой технологией по восстановлению работоспособности данной штамповой оснастки является перешлифовка. Стойкость инструмента составляет от 500 до 600 шт., после перешлифовки по передней поверхности стойкость будет от 300 до 400 шт., т. е. можно сделать вывод, что стойкость инструмента без упрочнения составляет от 500 до 1000 шт.

В ходе испытаний выявлено, что стойкость инструментов, подвергнутых упрочнению, оказалась выше по сравнению с неупрочненными инструментами и составила от 2500 до 4000 шт. [1].

Следовательно, упрочнение инструмента методом структурно-фазового модифицирования поверхностных слоев тлеющим разрядом позволяет увеличить стойкость инструмента в 3–4 раза, тем самым сократить затраты на изготовление нового инструмента.

Применение в условиях ОАО «ТАиМ» штамповой оснастки модифицированной обработкой комплексным воздействием тлеющего разряда и постоянного магнитного поля позволило получить экономический эффект 4849,19 р. в ценах на 16 мая – 20 июня 2019 г., что отражено в акте промышленных испытаний.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способ упрочнения изделий из металла или сплава, или сверхтвердого материала: пат. ВУ 19126 / В. М. Шеменков, М. А. Белая. – Оpubл. 30.12.2013.

УДК 621.787

КОНСТРУКЦИЯ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ СОВМЕЩЕННОГО МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКОГО НАКАТЫВАНИЯ НАРУЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ

М. В. ТАРАДЕЙКО

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

Метод совмещенного магнитно-динамического накатывания позволяет интенсивно снижать шероховатость поверхности, получать модифицированный поверхностный слой, обладающий новыми физико-механическими свойствами и, как следствие, обеспечивать высокие качественные и эксплуатационные характеристики упрочненных поверхностей [1].

Для реализации метода в условиях серийного производства разработана конструкция инструмента, охватывающего деталь, позволяющая осуществлять высокопроизводительную обработку (рис. 1) [2].

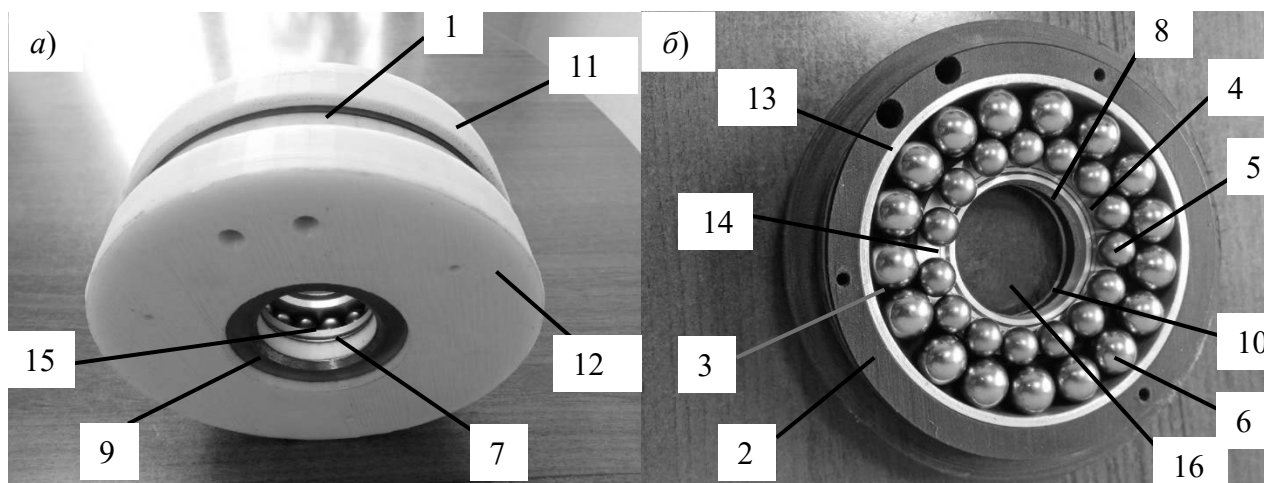


Рис. 1. Конструкция инструмента для совмещенного магнитно-динамического накатывания поверхностей валов: *а* – вид инструмента; *б* – обойма инструмента с расположенными в нем деформирующими шарами и отражателями

Конструкция инструмента изготовлена с широким применением аддитивных технологий.

Инструмент включает в себя обоймы 1, 2, внутренние поверхности которых образуют сообщающиеся наружную и внутреннюю кольцевые камеры 3, 4; деформирующие шары 5 и отражатели 6, расположенные во внутренней 4 и наружной 3 камерах соответственно; магнитопроводы 7, 8 и 9, 10; цилиндри-

ческие постоянные магниты, установленные в аксиальных отверстиях обойм 3, 4 (на рис. 1 не показаны и расположены под магнитопроводами 7, 8 и 9, 10). Для сборки инструмента предусмотрены крышки 11, 12.

Магнитопроводы 7, 8 предназначены для привода деформирующих шаров и намагничивания поверхности детали в зоне обработки и выполнены в виде зубчатого венца. Магнитопроводы 9, 10 предназначены для предварительной и окончательной магнитной обработки поверхности вала.

Обоймы 1, 2, крышки 11, 12 изготовлены с использованием технологии 3D-печати из пластмассы.

Для обеспечения работоспособности инструмента из металлических немагнитопроводных материалов изготовлены кольцо 13, предназначенное для опоры на него отражателей 6, и беговые щетки 14, 15 для расположения на них деформирующих шаров 5.

Для осуществления процесса упрочнения инструмент закрепляют на суппорте или в резцедержателе станка и обеспечивают совпадение продольных осей центрального отверстия 16 инструмента и упрочняемой детали. Вал вводят в центральное отверстие 16 и сообщают ему вращение, а суппорту – движение продольной подачи. Под действием сил инерций деформирующие шары, которые притянуты магнитной силой к упрочняемой поверхности вала, расходятся в радиальном направлении, взаимодействуют с отражателями и, возвращаясь, наносят многочисленные удары, осуществляя многократное импульсно-ударное деформирование в магнитном поле, создаваемом магнитопроводами 7, 8 инструмента.

Кроме того, магнитопроводы 9, 10 инструмента осуществляют предварительную и окончательную обработку поверхности вала, что позволяет интенсифицировать процесс снижения шероховатости, повысить глубину модификации поверхностного слоя и тем самым улучшить качественные характеристики и эксплуатационные свойства упрочненных деталей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

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

2. **Тарадейко, М. В.** Двухрядный инструмент для импульсно-ударного деформирования / М. В. Тарадейко, И. А. Тарадейко // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2021. – С. 62.

УДК 621.787

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СОВМЕЩЕННОГО МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКОГО НАКАТЫВАНИЯ ВАЛОВ

М. В. ТАРАДЕЙКО

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

Совмещенное магнитно-динамическое накатывание валов охватывающим инструментом является перспективным методом отделочно-упрочняющей обработки. Однако вследствие новизны метода он недостаточно исследован, поэтому моделирование процесса упрочнения является важной задачей, решение которой позволит назначать рациональные режимы обработки в зависимости от требований, предъявляемых к упрочняемой поверхности.

В ходе выполнения работы сформулированы допущения, принятые в модели, составлены расчетные схемы движения деформирующего шара в момент отрыва его от упрочняемой поверхности и после отрыва. Кроме того, составлено основное уравнение динамики, описывающее движение деформирующего шара от детали до отражателя, и рассмотрены все силы, входящие в это уравнение.

Предложена функция магнитной силы, с высокой достоверностью описывающая ее величину, позволяющая облегчить инженерные расчеты по сравнению с расчетами по традиционным зависимостям, предназначенным для определения магнитной силы.

Определены значения составляющих магнитных сил притяжения к упрочняемой детали и зубчатому магнитопроводу. Получены дифференциальные уравнения движения деформирующего шара и предложен метод их решения. Сформулированы начальные, текущие и конечные условия координат и скорости центра масс деформирующего шара, необходимые для решения дифференциальных уравнений.

Рассмотрено ударное взаимодействие деформирующего шара с отражателем. Получены выражения для определения кинематических характеристик деформирующего шара в момент окончания удара в зависимости от его углового положения в кольцевой камере инструмента.

Составлены дифференциальные уравнения движения деформирующего шара от отражателя до поверхности упрочняемой детали. Записаны краевые условия координат и скорости центра масс деформирующего шара.

Рассмотрен удар деформирующего шара по упрочняемой поверхности детали и получены зависимости.

Результаты моделирования процесса совмещенного магнитно-динамического накатывания валов охватывающим инструментом позволят прогнозировать параметры качества упрочняемой поверхности и определять степень и глубину упрочненного слоя детали от режимов обработки.

УДК 621.787

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ ДЕФОРМИРУЮЩИХ ШАРОВ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОГО МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКОГО НАКАТЫВАНИЯ ВАЛОВ

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

Метод комбинированного магнитно-динамического накатывания позволяет эффективно упрочнять наружные поверхности валов, обеспечивая требуемые качественные характеристики, однако вследствие износа составных частей инструмента качество поверхности может значительно ухудшаться. В связи с этим исследование стойкости инструмента является актуальной задачей.

Как показывает опыт, наибольшему износу подвергаются деформирующие шары вследствие многократной ударной нагрузки.

Критерием износа деформирующих шаров инструмента, по рекомендациям Д. Д. Папшева, считали такое максимально допустимое увеличение шероховатости их сферической поверхности, при котором шероховатость упрочняемой поверхности заготовок изменяется в пределах рассматриваемого класса.

Для определения стойкости деформирующих шаров инструмент вводили во взаимодействие с поверхностью детали при выключенной подаче. Для исключения влияния чрезмерно высоких температур, возникающих в данной зоне обработки, использовали обильное количество смазочно-охлаждающей жидкости и дополнительно обеспечивали охлаждение периодической остановкой инструмента и его отдыхом. После каждых 30 мин работы инструмента производили очистку контрольного образца и при помощи профилографа-профилометра SurfTest SJ-210 определяли ее шероховатость и шероховатость сферической поверхности деформирующих шаров. Критерием прекращения эксперимента служило превышение шероховатости поверхности образца верхней границы рассматриваемого класса шероховатости.

Стойкость деформирующих шаров упрочняющего инструмента в значительной мере зависит от твердости упрочняемого металла. Так, при обработке стали 45 с твердостью 180...200 НВ стойкость деформирующих шаров составила 600...630 мин (10...10,5 ч), а при твердости 35...37 HRC – 450...480 мин (7...7,5 ч).

Шероховатость деформирующих шаров на момент достижения критерия износа составила 0,28...0,32 мкм по параметру Ra при обработке заготовок из стали 45 (180...200 НВ) и 0,22...0,25 мкм по Ra для стали 45 термоупрочненной до твердости 35...37 HRC.

УДК 621.914.02

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ПОДАЧИ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ В РАСТОЧНЫХ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТАХ

Е. М. ТИХОН

Научный руководитель Н. Н. ПОПОК, д-р техн. наук, проф.
Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой
Новополоцк, Беларусь

В процессе механической обработки металлов силы трения воздействуют на поверхности режущего инструмента. Применение смазочно-охлаждающей технологической среды (СОТС) снижает силы трения режущего инструмента, способствует эвакуации стружки и теплоотводу из зоны резания. Корректное применение СОТС повышает надёжность и производительность обработки, а также качество деталей.

При высокоскоростной обработке режим течения СОТС особенно актуален, когда отвод теплоты из зоны резания до 95 % обеспечивается сходящей стружкой и потоком смазочно-охлаждающей среды. Режим течения в динамическом пограничном слое зависит от числа Рейнольдса:

$$Re = \frac{L \cdot \rho \cdot W}{\mu},$$

где W – скорость среды; L – линейный размер, $L = \sqrt{S/\pi} = 5,64 \cdot 10^{-3}$ м (S – площадь препятствия); ρ – плотность; μ – коэффициент динамической вязкости.

Вычислим критические скорости сред перехода от ламинарного режима к турбулентному, при котором обеспечиваются наиболее благоприятные условия теплоотвода. Примем число Рейнольдса равным 2300, результаты расчетов представлены в табл. 1.

Табл. 1. Критическая линейная скорость для СОТС

В метрах в минуту

Вода	Масло	Воздух	Аргон	Твердая среда
43	153	344	306	114

Как видно из табл. 1, рекомендуемые значения линейной скорости СОТС, обеспечивающие турбулентный режим и наилучшее охлаждение зоны высокоскоростного резания, минимальны для воды и масла. При использовании воздуха и газовой среды требуются большие значения линейной скорости. Твердая среда обеспечивает эффективное охлаждение при небольших значениях скоростей.

УДК 665.662.9

ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТИ, ПРОЛИТОЙ НА ПОВЕРХНОСТЬ ВОДЫ

Н. М. ТИЩЕНКОВ

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

Смесь, собранная с водной поверхности, характеризуется большим количеством воды в ее составе и малым количеством механических включений. Для утилизации данного нефтяного отхода предложена технологическая схема, предназначенная для работы с жидкими нефтешламами (рис. 1).

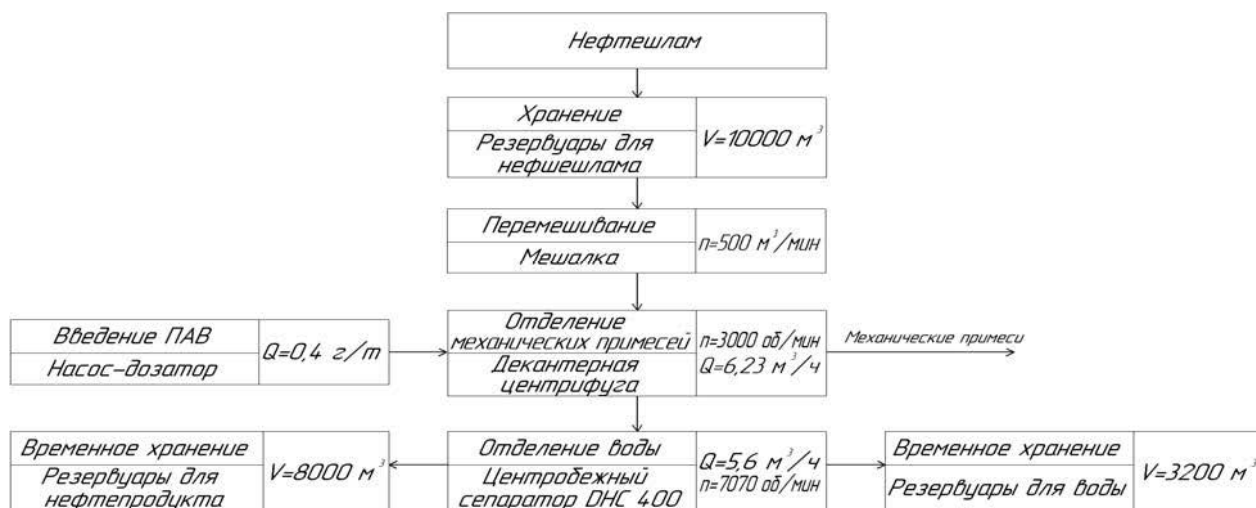


Рис. 1. Технологическая схема

Данная технология позволяет отделить от нефти твердые частицы в два этапа. Первый этап происходит при попадании смеси в декантерную центрифугу, где удаляется основной объем твердых включений. Второй этап осуществляется параллельно с отделением воды в центробежном сепараторе. Для лучшего разделения жидких компонентов (воды и нефти) в сепаратор вместе со смесью вводится ПАВ, что позволяет осуществлять процесс более эффективно. Таким образом, в результате применения предложенной технологической схемы смесь удастся разделить на три компонента: воду, нефти, твердые включения [1].

Отделившаяся нефть может вернуться в производство в качестве сырья или быть направлена в товарные резервуары как готовая продукция. Вода и механические частицы подвергаются утилизации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов, Л. И. Переработка и утилизация нефтесодержащих отходов / Л. И. Соколов. – Москва: Инфра-Инженерия, 2017. – 160 с.

УДК 621.926

КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА ДРОБИЛКИ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПЛАСТМАСС

М. А. УДАЛЬЦОВ

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

Эффективность любого машиностроительного производства в значительной степени определяется рациональным использованием материалов (заготовок). Предприятия, изготавливающие полиэтиленовые трубы диаметром от 20 до 1100 мм для систем водо- и газоснабжения, а также канализации, имеют значительное количество технологического брака. Это связано с применяемой технологией литья под давлением в холодноканальных пресс-формах.

Пластические массы представляют собой материалы, основой которых являются полимеры. Их отличительная особенность заключается в том, что при нагреве они становятся высокоэластичными, в связи с чем изменяются требования к соответствующему промышленному оборудованию. Данное сырье лучше всего подвержено измельчению срезом и истиранию.

В базовом варианте переработки пластичных материалов с автоматизацией используются шредер, дробилка и агломератор (или гранулятор). Между собой они связаны конвейером, который последовательно осуществляет подачу пластика.

Проведя аналитический обзор имеющихся на рынке дробилок, делаем выбор в пользу устройства роторного типа [1]. Во-первых, рассматриваемый тип материала лучше резать, предусмотрев внутри обдув, который сможет поддерживать относительно низкую температуру. Во-вторых, инструменты (ножи) подвергаются истиранию и возможность их заточки или замены весьма актуальна. В-третьих, в конструкции оборудования предусмотрена регулировка, позволяющая изменять размер готового продукта.

Таким образом, мы считаем, что развитие технической идеи может развиваться по следующим направлениям: 1) совершенствование технологии за счет системы охлаждения и увеличения функциональности установок; 2) введение новых операций (например, мойки) для получения более качественного на выходе пластика; 3) введение новых функций без увеличения размеров установки и потерь качества и удобства монтажа и обслуживания оборудования; 4) повышение ремонтпригодности дробилок, например, в результате использования модульного принципа при конструировании.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полетаев, В. П. Системная модель оценки состояния оборудования / В. П. Полетаев, Д. А. Богданов // Надежность и качество: сб. тр. Междунар. симп.: в 2 т. – Вологда, 2018. – Т. 1. – С. 201–202.

УДК 621.09

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ЗАГОТОВКИ

В. Р. ХАБИРОВ

Научный руководитель С. К. РУДНЕВ

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

Одной из часто выполняемых операций на станке является обработка размеченных или уже существующих отверстий, например, обработка отливок, поковок или штамповок [1]. Позиционирование рабочего органа в центре выбранного отверстия имеет определенную сложность и требует от рабочего опыта в проведении подобных действий. Для решения данной задачи предлагается использовать технологию машинного зрения [2]. Машинное зрение – технология получения, извлечения и обработки информации из изображения, полученного с помощью оптических или бесконтактных датчиков [3]. Системы машинного зрения базируются на алгоритмах компьютерного зрения. Классическая система машинного зрения, представленная на рис. 1, состоит из камеры или иного датчика, устройства обработки сигнала, содержащего программное обеспечение для реализации алгоритмов машинного зрения, и исполнительного органа, которое выполняет определенную команду.

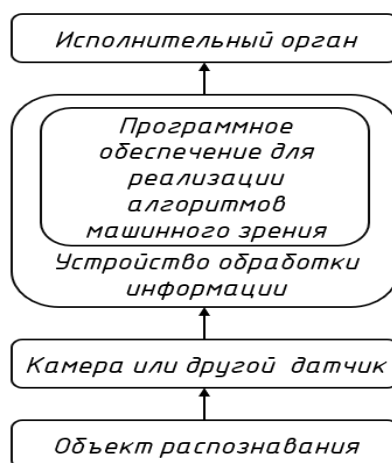


Рис. 1. Схема системы машинного зрения

Разработанный программно-аппаратный комплекс состоит из двух частей: дополнения для графического интерфейса LinuxCNC AXIS и модуля с камерой, который устанавливается на рабочий орган станка. При разработке использовались библиотека OpenCV для распознавания объектов и фреймворк PyQt для разработки графического интерфейса. На вход программы подается изображение рабочей зоны с камеры, которое после использования функций `cv2.findContours` преобразуется в массивы точек [4]. Полученные массивы обрабатываются с помощью алгоритмов определения координат центра окружностей или углов.

В процессе разработки программно-аппаратного комплекса выявлено два возможных способа установки камеры на станке: расположение статично на отдельной стойке, подвижно на рабочем органе станка [5]. Оба решения имеют определенные достоинства и недостатки. Так, неподвижное крепление позволяет уменьшить воздействие вибраций на камеру, однако накладывает определенные ограничения на рабочую зону. Решение с подвижным закреплением камеры на рабочем органе станка позволяет минимизировать искажения объектива камеры, т. к. интересующая область будет всегда располагаться строго под камерой, однако в данном способе крепления на камеру будут воздействовать вибрации и иметь место прочие физические воздействия от шпинделя станка.

Для внедрения данной разработки в производственные процессы проведен ряд экспериментов для определения точности позиционирования рабочего органа с помощью разработанного комплекса. На рабочем столе станка закрепляется заготовка из модельного пластика, просверливается отверстие, и обнуляются координаты, после чего рабочий орган отводится на 15...20 мм в случайном направлении, наводится на отверстие, новые координаты центра заносятся в таблицу, повторяются отвод рабочего органа и наведение на отверстие. По результатам эксперимента получены следующие данные лучшей попытки (рис. 2).

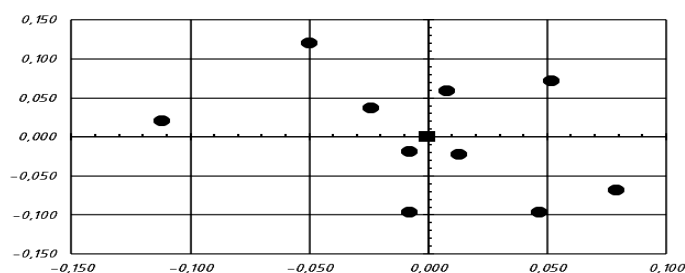


Рис. 2. Визуализация результатов эксперимента

На основе результатов исследований и экспериментов разработан программно-аппаратный комплекс для позиционирования рабочего органа по существующим отверстиям с повторяемостью 0,2 мм, что сопоставимо с точностью ручного позиционирования, однако при использовании комплекса на процессы позиционирования затрачивается значительно меньше времени.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Мурашко, Ф. В.** Сканирование контуров заготовок плоских материалов с применением комплекса машинного зрения / Ф. В. Мурашко, Е. А. Рыжкова, О. М. Власенко // Дизайн и технологии. – 2016. – № 52 (94). – С. 94–100.
2. Machine Vision and Applications / Wen-Pei Sung, Jimmy (C. M.) Kao, Ran Chen // Applied Mechanics and Materials. – 2013. – Vol. 457–458.
3. Machine Vision / Ramesh Jain, Rangachar Kasturi, Brian G. Schunck. – McGraw-Hill, 1995. – 549 p.
4. Библиотека OpenCV 3.2.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.opencv.org/3.2.0/index.html>. – Дата доступа: 04.09.2022.
5. **Кротова, Н. А.** Определение геометрических параметров и ориентации заготовки на станке с применением алгоритмов технического зрения / Н. А. Кротова, Р. Л. Пушков // Вестн. МГТУ «Станкин». – 2021. – № 2 (57). – С. 8–12.

УДК 621.785

КОМПЛЕКСНАЯ ОБРАБОТКА ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ, ОСНОВАННАЯ НА ТВЧ И ТЛЕЮЩЕМ РАЗРЯДЕ

А. Н. ЮМАНОВА, М. А. РАБЫКО

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

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Закалка сталей с использованием токов высокой частоты (ТВЧ) является одним из распространенных методов термической обработки, который позволяет повысить твердость поверхности изделий.

Классической закалкой ТВЧ может служить способ поверхностной закалки, описанный в [1]. Сущность данного способа заключается в том, что изделие из стали 45 помещается в индуктор и на его поверхности создается упрочненный слой глубиной от 3 до 4 мм с постоянной твердостью по глубине от 58 до 59 HRC. Однако данный способ имеет недостатки, связанные с тем, что наблюдается резкая граница между основным материалом и упрочненным слоем, а это в случае ненормативных условий эксплуатации приводит к возникновению межслойных трещин и, как следствие, выходу детали из строя. Вариантом решения данной проблемы может быть использование такой термической обработки, как отпуск. Однако при данном виде обработки наблюдается значительное снижение твердости поверхностного слоя, что в некоторых случаях недопустимо. В качестве выхода возможно предложить комплексную обработку изделий, основанную на ТВЧ и тлеющем разряде [2].

Как показали дюрометрические исследования, проведенные по классической методике измерения твердости, обработка тлеющим разрядом изделий, изготовленных из стали 45, подвергнутых закалке ТВЧ, приводит к повышению их поверхностной твердости, которая в зависимости от скорости перемещения индуктора (от 2 до 6 м/мин) составляет от 10 % до 25 %. Чем меньше скорость перемещения индуктора, тем влияние тлеющего разряда больше. Погрешность измерения при этом составила не более 5 %. Причем, как показали эксплуатационные испытания в случае тяжело нагруженных валов, не наблюдается возникновения межслойных дефектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Установка для поверхностной закалки конусной детали с нагревом токами высокой частоты: пат. ВУ 20962 / И. И. Вегера, А. В. Полысаев, А. В. Хайтин, В. В. Ресенчук. – Оpubл. 30.04.2017.

2. Способ комплексной обработки изделия из металла, или сплава, или графитсодержащего материала: пат. ВУ 23734 / В. М. Шеменок, И. И. Вегера, М. А. Рабыко, В. В. Шеменок, А. Н. Елисеева. – Оpubл. 30.06.2022.

УДК 621.9

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Р. Ю. ЮСУПОВ, Д. Г. ЧЕРНИКОВ, В. К. АЛЕХИНА
Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королева
Самара, Россия

Совершенствование технологических процессов металлообработки является одним из основных направлений повышения конкурентоспособности при производстве высокотехнологичной продукции. Применение традиционных технологий штамповки для производства деталей сложных форм в условиях мелкосерийного и многономенклатурного производства крайне неэффективно. Одним из эффективных направлений решения этой задачи является расширение областей применения магнитно-импульсных технологий (МИТ).

Самарским университетом разработан и внедрен в отечественном и зарубежном промышленном производстве комплекс МИТ:

– магнитно-импульсная формовка для изготовления различных элементов трубопроводных систем (переходники, конусы, фланцы, детали сложных форм с изменением формы сечения, детали с отбортованными отверстиями, плоскими площадками, рифтами и др.) (рис. 1, *а*);

– магнитно-импульсная резка (резка труб на мерные элементы, обрезка технологического припуска после формообразования или при подгонке деталей трубопровода для последующей сварки) (рис. 1, *б*);

– магнитно-импульсная сборка/сварка (получение неразъемных нахлесточных соединений полых деталей между собой или с опорными деталями) (рис. 1, *в*).



Рис. 1. Типовые детали, полученные с помощью МИТ

Для реализации МИТ Самарским университетом разработан типовой ряд высокоресурсных магнитно-импульсных установок универсального и специального назначения, отвечающих современным требованиям экологической безопасности и энергосбережения.

При этом используется перспективная компонентная база отечественного производства, а все конструктивные и схемные решения защищены патентами РФ, что полностью соответствует актуальному курсу на импортозамещение в промышленности.

УДК 621.9.08, 621.83.06

МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ ТОЧНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕДУЦИРУЮЩИХ МЕХАНИЗМОВ

Р. Г. ЯКУБОВСКИЙ, К. В. САСКОВЕЦ

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

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Разработана методика контроля кинематической точности, угловых перемещений и ускорений малогабаритных редукторов с шариковым и роликовым зацеплением. Методика контроля включает в качестве средства измерения разработанный стенд с датчиками углов поворота и регулятор скорости, позволяющий проводить контроль с разной частотой вращения ведущего вала, а также разработанное программное обеспечение, с помощью которого выполняется расчет точностных параметров редукторов на основе полученных экспериментальных данных. Согласно методике, сначала на стенде с помощью датчиков проводятся измерения углов поворота выходного вала контролируемого редуктора. При измерении импульсы с датчиков поступают на аналого-цифровой преобразователь и выводятся на экран ПЭВМ в виде таблицы «напряжение – время». С помощью программного обеспечения рассчитываются точностные параметры. Новым в предложенном контроле является использование датчиков с высокой дискретностью, что позволило повысить точность измерений, а также разработка математических зависимостей и программного обеспечения, позволяющих контролировать не только кинематическую точность, но и другие кинематические и точностные параметры редукторов. Используя численные методы, получили формулы угловой скорости и углового ускорения:

$$\omega_i = \frac{(\varphi_i + F_i) - (\varphi_{i-1} + F_{i-1})}{T_i - T_{i-1}}, \quad (1)$$

где φ_i – текущий угол поворота; F_i – текущее значение кинематической погрешности; T_i – текущее значение периода следования импульсов; φ_{i-1} – предыдущий угол поворота; F_{i-1} – предыдущее значение кинематической погрешности; T_{i-1} – предыдущее значение периода следования импульсов;

$$\varepsilon_i = \left(\frac{(\varphi_{i+1} + F_{i+1}) - (\varphi_i + F_i)}{T_{i+1} - T_i} - \frac{(\varphi_i + F_i) - (\varphi_{i-1} + F_{i-1})}{T_i - T_{i-1}} \right) / (T_{i+1} - T_i). \quad (2)$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

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

УДК 621.9

РАСЧЕТ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОДЕЛИ РУКИ-МАНИПУЛЯТОРА

И. А. БОРОДИН

Научный руководитель О. В. БЛАГОДАРНАЯ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Основным условием для обеспечения быстроты и плавности перемещений искусственных конечностей является независимое движение пальцев.

Полученные в ходе работы зависимости (рис. 1 и 2) для определения координат шарниров дали возможность составить траектории движения суставов руки и определить размеры фаланг пальцев электромеханической руки, разработать программное обеспечение для проектирования руки-манипулятора с различными массогабаритными параметрами.

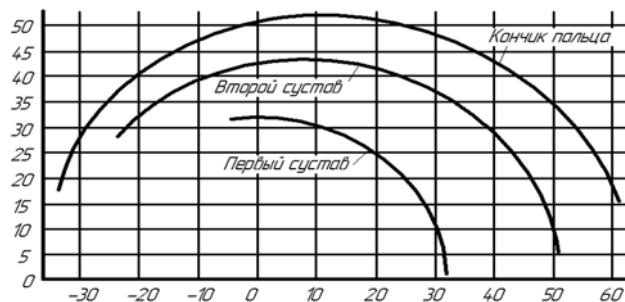


Рис. 1. Траектории движения суставов и кончика пальца

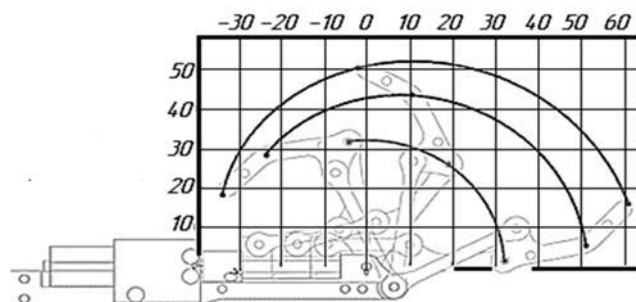


Рис. 2. Траектории движения суставов и кончиков пальцев, совмещенные с движением пальца

Программа разработана на языке программирования JavaScript, языке гипертекстовой разметки HTML и каскадной таблицы стилей CSS.

В процессе разработки были использованы следующие библиотеки: jQuery – для создания пользовательского интерфейса и обработки действий пользователя; Decimal.js – библиотека для точных математических вычислений; D3.js – библиотека для графического отображения; Chart.js – библиотека для отображения графиков.

УДК 621.833

КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ САТЕЛЛИТА ПРЕЦЕССИОННОГО МОТОР-РЕДУКТОРА

Е. Г. КРИВОНОГОВА, И. В. ТРУСОВ, В. В. ПОКЛАД

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Прецессионный мотор-редуктор, как любое устройство, механизм или машина, состоит из ряда деталей, к которым, в зависимости от их конструктивного назначения в узле, предъявляются различные технические требования. Другими словами, еще на стадии разработки технологического процесса обработки отдельных деталей закладываются характеристики готового редуктора и те параметры, которые он будет обеспечивать при работе в конкретном приводе.

Мотор-редуктор (рис. 1, б), созданный на основе планетарной передачи типа 2К-Н (рис. 1, а), состоит из следующих основных деталей: входной вал 1, сателлит 2, корпус с неподвижным центральным колесом 3, подвижное центральное колесо 4, выходной вал 5, подшипники шариковые сферические 6, подшипники шариковые радиальные 7.

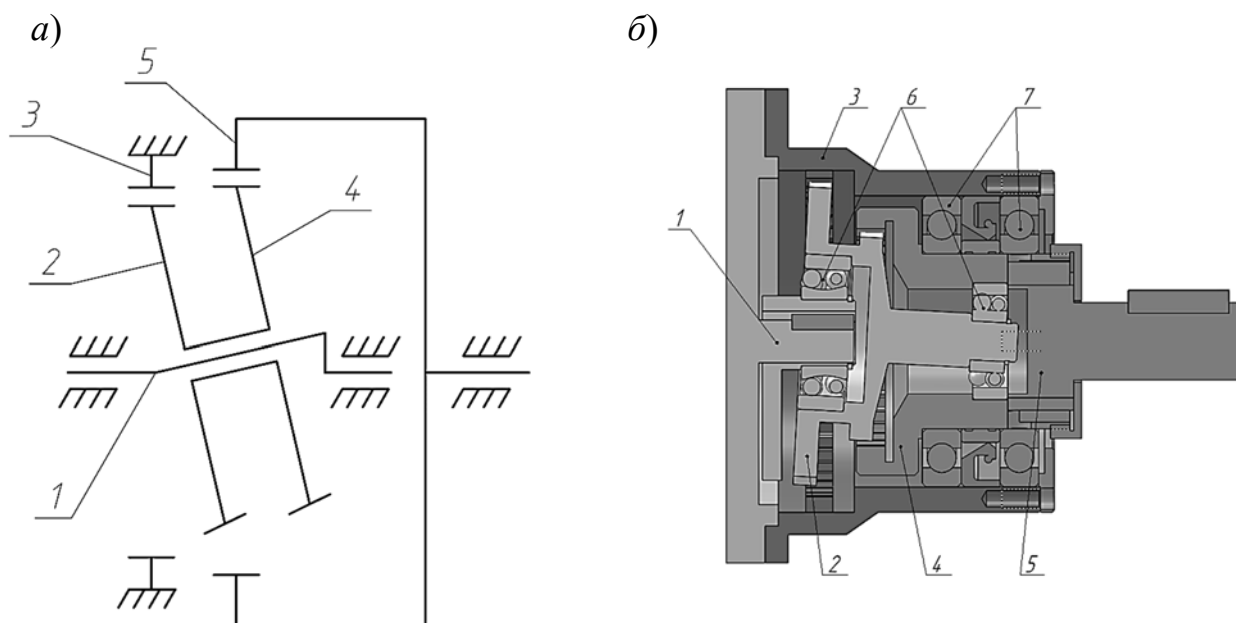


Рис. 1. Структурная схема и компьютерная модель мотор-редуктора

Подшипники являются стандартными изделиями и в разработке не нуждаются. Форма и размеры остальных деталей позволяют говорить о том, что в целом детали являются технологичными, а именно: имеют форму и размеры, которые можно получить с помощью стандартных видов обработки резанием. Однако имеются поверхности, формирование которых требует применения специальной технологической оснастки, а также режущих инструментов, обеспечивающих высокую точность и качество обработанных поверхностей.

Если рассматривать сателлит (рис. 2), то такими поверхностями являются наружная цилиндрическая поверхность диаметром 10 мм и внутренняя цилиндрическая поверхность диаметром 40 мм. Данные поверхности предназначены для установки шариковых сферических подшипников и к ним предъявляются высокие требования точности, которые определены квалитетом к6, и качества обработки в соответствии с параметром шероховатости по шкале $Ra = 0,32$ мкм. Также усложняет обработку наличие как внутренних, так и наружных уступов и канавок, а также конической поверхности.

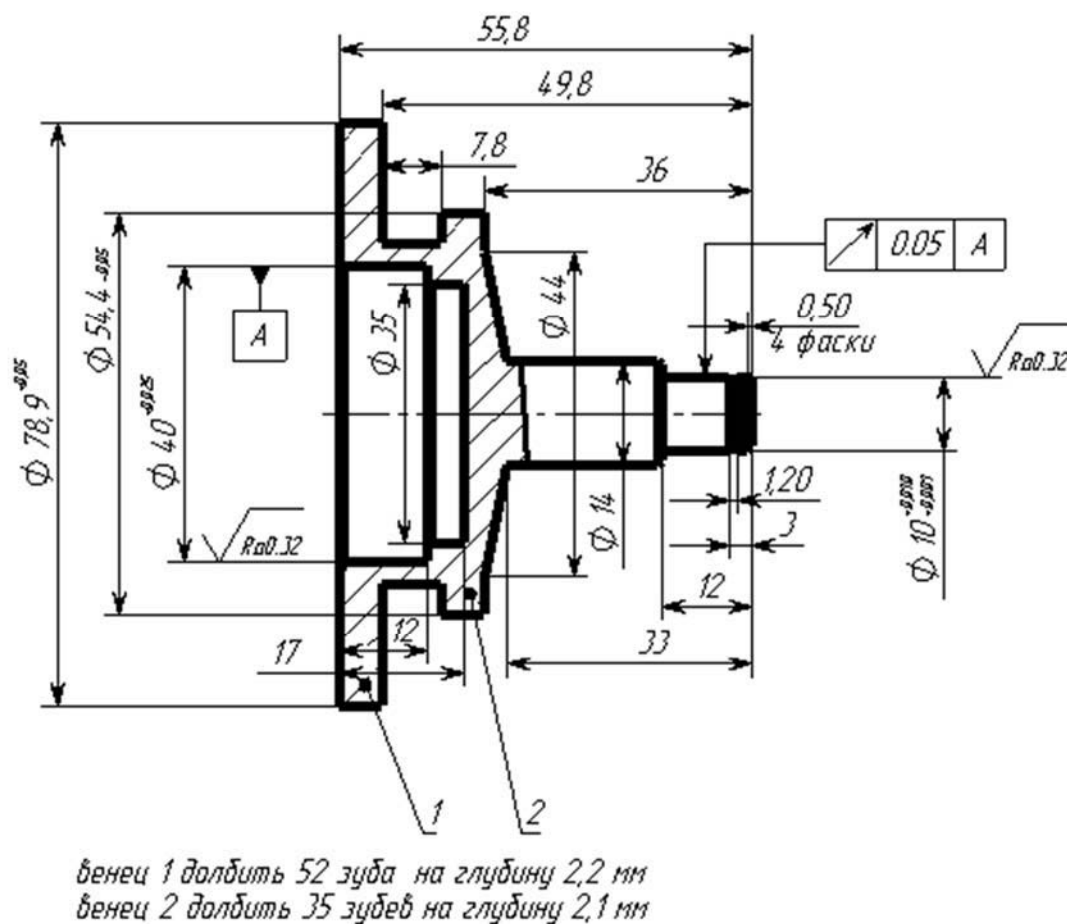


Рис. 2. Чертеж детали «сателлит»

Помимо описанных выше конструктивных особенностей сателлит имеет два зубчатых венца на наружных поверхностях, имеющие модуль 1,25 при числе зубьев 52 и 35 соответственно, которые должны быть подвержены закалке ТВЧ до HRC 48...50.

При разработке мотор-редуктора стремятся максимально увеличить его срок службы и уменьшить различные поломки, связанные с износом зуба, т. к. это ведет к замене всего сателлита. Это возможно реализовать при наличии многопарности зацепления, когда нагрузка распределяется между несколькими зубьями. Для этого применяется сателлит с модифицированным зубом. Однако получение такого зуба еще больше затрудняет процесс обработки и ведет к снижению технологичности.

УДК 621.83.06

ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРЕНИЯ НА КПД СФЕРИЧЕСКИХ РОЛИКОВЫХ ПЕРЕДАЧ

Е. С. ЛУСТЕНКОВА

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

Сферические роликовые передачи (СРП) с двухрядным сателлитом используют принцип клина (наклонной поверхности) по аналогии с винтовыми парами и червячными передачами [1]. Средний КПД таких передач зависит от геометрических параметров и коэффициентов трения. Он может быть определен на стадии проектирования по формуле [2]

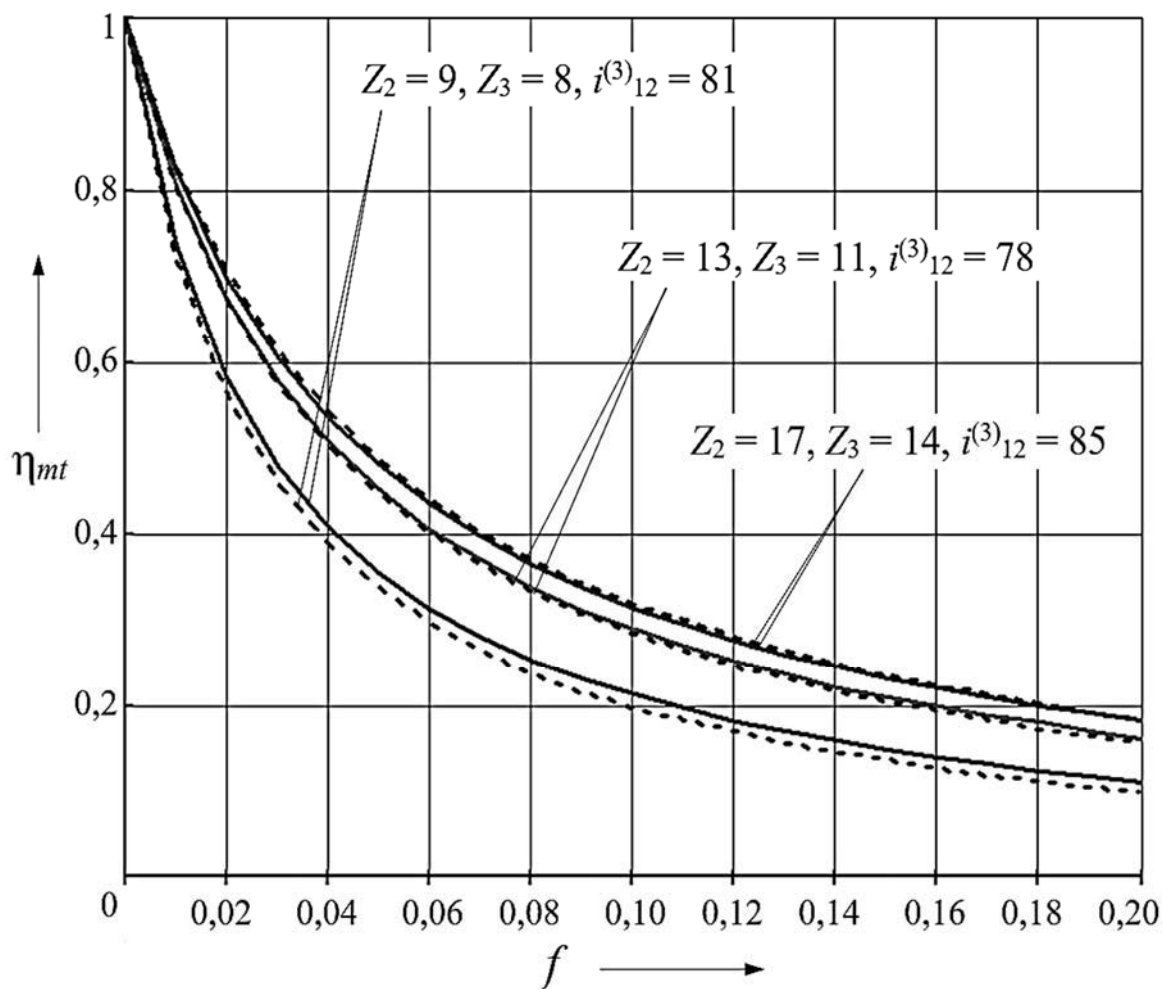
$$\eta_{m1} = \frac{\sin(\alpha_{m3} - \psi) \cdot \sin(\alpha_{m2} + \psi) \cdot (\operatorname{tg}(\alpha_{m1}) + \operatorname{tg}(\alpha_{m3}))}{|i_{12}^{(3)}| \cdot \sin(\alpha_{m2} - \alpha_{m3} + 2 \cdot \psi) \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{m1}) \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{m3})}, \quad (1)$$

где α_{m2} , α_{m3} – углы подъема беговых дорожек ведомого и остановленных кулачков; ψ – угол трения, зависящий от коэффициента трения f , $\psi = \operatorname{arctg}(f)$.

Коэффициент трения является приведенным: он учитывает потери при качении и скольжении. Для СРП экспериментально установлено значение $f = 0,02$. Исследуем влияние приведенного коэффициента трения на КПД СРП при варьировании трех факторов: передаточного отношения $i_{12}^{(3)}$; абсолютной разницы чисел периодов беговых дорожек ведомого Z_2 и остановленных Z_3 кулачков ΔZ_s ; угла наклона кривошипа Θ на ведущем валу для установки сателлита. В исследуемой формуле (1) принимались постоянными радиусы основных сфер для размещения траекторий центров масс роликов, контактирующих с остановленными и ведомым кулачками: $R_3 = 50$ мм, $R_2 = 40$ мм. Средние углы подъема беговых дорожек определялись по формуле $\alpha_{mj} = \operatorname{arctg}(2 \cdot \Theta \cdot Z_j / \pi)$, где j – индекс принадлежности ведомому ($j = 2$) и остановленным ($j = 3$) кулачкам.

Зависимость КПД роликового зацепления СРП от приведенного коэффициента трения показана на рис. 1. Подтверждается, что при большей разнице $|Z_2 - Z_3|$ и сопоставимых значениях передаточных отношений ($i_{12}^{(3)} = 81$ при $\Delta Z_s = 1$; $i_{12}^{(3)} = 78$ при $\Delta Z_s = 2$; $i_{12}^{(3)} = 85$ при $\Delta Z_s = 3$) средний КПД выше и снижается менее интенсивно при увеличении f . При этом влияние угла Θ также снижается при увеличении чисел периодов беговых дорожек Z_2 и Z_3 и абсолютного значения их разницы.

Приняв постоянным разницу $\Delta Z_s = 2$ и угол $\Theta = 0,133$ рад, можно оценить влияние коэффициента трения f на средний КПД СРП в зависимости от передаточного отношения (и чисел периодов беговых дорожек). Увеличение передаточного отношения ожидаемо приводит к снижению КПД.



— — для передач с углом $\Theta = 0,133$ рад; - - - - для передач с углом $\Theta = 0,111$ рад

Рис. 1. Зависимость среднего КПД СРП от приведенного коэффициента трения

Однако при больших значениях f передача с меньшим передаточным отношением начинает проигрывать. Это связано с тем, что угол трения, увеличиваясь, приближается к значениям углов подъема беговых дорожек, а КПД передач с использованием принципа клина зависит от разницы углов α и ψ . В передачах с большим передаточным отношением (и большими числами периодов дорожек) при равных радиусах основных сфер (радиальных габаритах СРП) углы подъема имеют большие значения и увеличение углов трения влияет в меньшей степени.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Lustenkov, M. E.** Load Capacity of Spherical Roller Transmission with Double-Row Pinion / M. E. Lustenkov, E. S. Lustenkova // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – 795 (2020) 012020. – P. 6.
2. **Лустенков, М. Е.** Определение КПД передач с составными промежуточными телами качения / М. Е. Лустенков // Изв. вузов. Машиностроение. – 2014. – № 6. – С. 13–19.

УДК 621.83.06

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КПД СФЕРИЧЕСКОЙ РОЛИКОВОЙ ПЕРЕДАЧИ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А. Н. МОЙСЕЕНКО

Научный руководитель М. Е. ЛУСТЕНКОВ, д-р техн. наук, проф.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Компьютерная модель сферической роликовой передачи (СРП) [1] с двухрядным сателлитом и передаточным отношением $i = 55$, разработанная в системе NX, показана на рис. 1, а. На наклоненном кривошипе ведущего вала 1 установлен сателлит 4 с двумя рядами роликов, один из которых взаимодействует с ведомым кулачком 2, второй – с остановленным кулачком 3. В модели установлены три вращательных шарнира (рис. 1, б), обеспечивающих возможность вращения: ведущего вала Rt_1 и ведомого кулачка Rt_2 относительно стойки и сателлита относительно кривошипа ведущего вала Rt_3 . В шарнире Rt_1 определен драйвер Dr_1 , обеспечивающий вращение ведущего вала с постоянной угловой скоростью 2π рад/с.

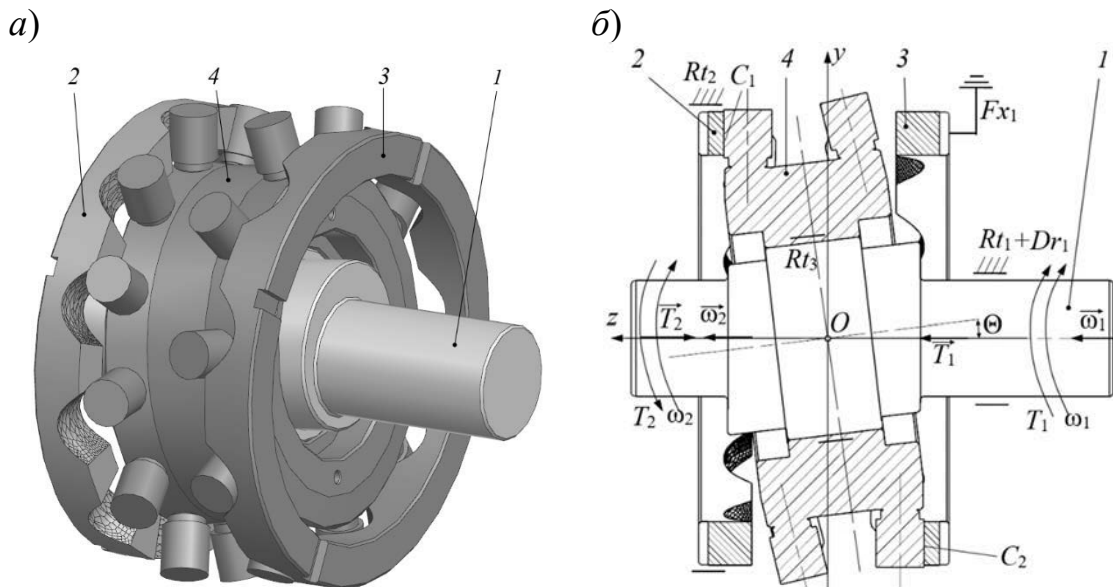


Рис. 1. Модель СРП с двухрядным сателлитом: а – общий вид; б – с обозначением шарниров, контактов и нагрузок

Неподвижный кулачок остановлен с помощью фиксирующего шарнира Fx_1 . Между сателлитом и кулачками установлены 3D-контакты (C_1 и C_2 соответственно) со следующими параметрами: экспоненциальный коэффициент усилия – 2, коэффициент демпфирования материала – $10 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{мм}$, величина допустимого взаимопроникновения поверхностей – $0,01 \text{ мм}$.

К ведомому кулачку был приложен векторный момент $T_2 = 50 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Вектор направлен вдоль оси вращения Oz в сторону, обратную вектору угловой скорости

вращения этого кулачка (момент сопротивления). Задачей исследований являлось определение момента на ведущем валу T_1 , для того чтобы далее определить средний КПД передачи по формуле $\eta = T_2/(T_1 \cdot i)$, предполагая, что скорости вращения валов постоянны.

При исследовании модели изменялся коэффициент трения f и коэффициент сцепления f_c , которые являются параметрами 3D-контактов при постоянных скоростях скольжения 0,1 мм/с и относительного перемещения при сцеплении 0,01 мм/с.

Так как для упрощения модели ролики, установленные в отверстиях сателлита, проектировались неподвижными, сниженные значения коэффициента трения учитывали возможность качения роликов по поверхностям кулачков. Принималось $f = 0,02$ ($f_c = 0,03$), ранее подтвержденное экспериментально [2]. Полученные значения момента T_2 в течение двухсекундной симуляции в модуле Motion системы NX показаны на рис. 2.

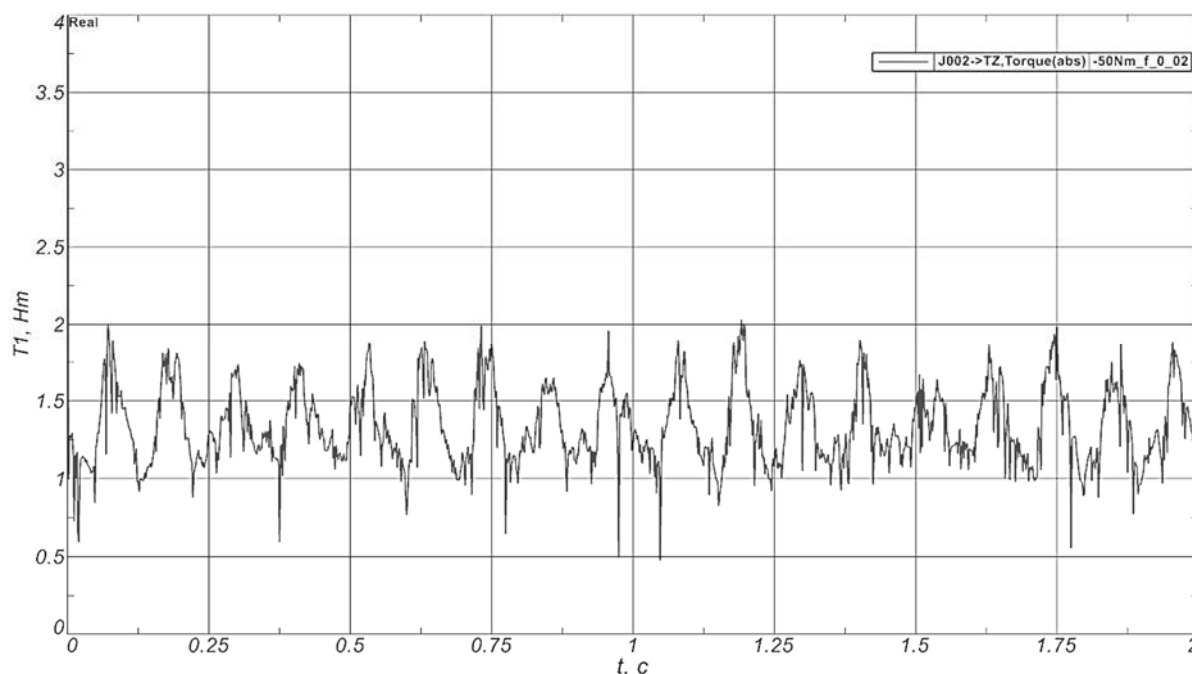


Рис. 2. Изменение момента на ведущем валу

Среднее значение КПД при среднем значении $T_1 = 1,2$ Н·м составило 0,76, что приблизительно соответствует и даже превышает КПД червячных передач при данном передаточном отношении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

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

УДК 621.833.1

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Д. С. ПЛЯЦ

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

Зубчатое колесо представляет собой вращающуюся деталь с нарезанными зубьями, которые входят в зацепление с другой зубчатой частью для передачи крутящего момента. За счет них редукторные устройства изменяют частоту вращения входного и выходного валов. Существует несколько типов зубчатых колес, но наибольший интерес из них представляют цилиндрические зубчатые колеса.

Деталь «Цилиндрическое зубчатое колесо» (рис. 1) разработана из полимерного материала – полиамида. Выбор данного материала обусловлен его высокой эффективностью (КПД) благодаря меньшим потерям на трение, пониженному шуму, высокой твердостью относительно других полимеров, высокой контактной плотностью зубьев [1].

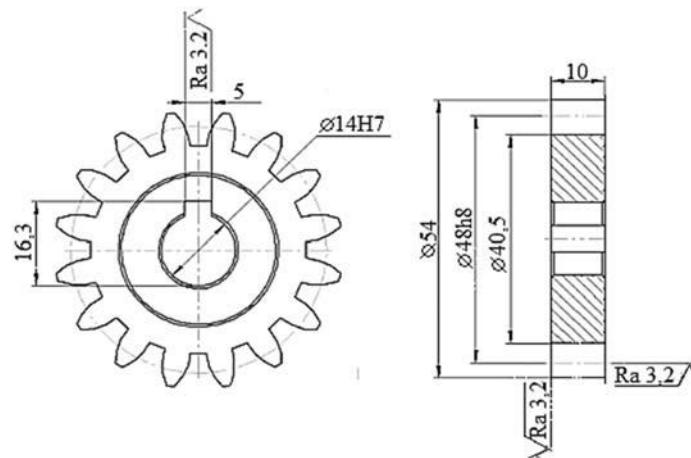


Рис. 1. Деталь «Цилиндрическое зубчатое колесо»

Основными методами изготовления деталей из полимеров является термоформование или механическая обработка. Материал легко поддается всем видам механической обработки: фрезерованию, точению, сверлению, строганию.

Шестерни из полиамида являются хорошей альтернативой металлическим в легконагружаемых механизмах. Они все чаще находят практическое применение в таком оборудовании, как электрические редукторы, коробки передач, хирургическое оборудование и т. д.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

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

УДК 621.83.06

АНАЛИЗ УСИЛИЙ В ЗАЦЕПЛЕНИИ ПЕРЕДАЧ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ И СВОБОДНОЙ ОБОЙМОЙ

Е. С. ЧАВРОВ

Научный руководитель Е. А. ЕФРЕМЕНКОВ, канд. техн. наук, доц.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Томск, Россия

Передача с промежуточными телами качения и свободной обоймой (ПТКСО) создана на основе циклоидального зацепления. Первое упоминание о передаче с циклоидальным зацеплением датировано 1920 г. [1]. Ее разработчиком является Антон Янссен, который запатентовал данное изобретение в 1922 г. Достоинствами передач с ПТКСО являются: малогабаритность, высокий КПД, обширное поле передаточных чисел, высокая износостойчивость, передача высоких крутящих моментов.

Для более широкого применения передач на базе циклоидального зацепления необходимо проводить углубленные исследования зацепления и в частности усилий, возникающих в нем при работе передачи. Усилия в циклоидальном зацеплении влияют на нагрузочную способность механизма, износ и прочность деталей передачи, надежность и другие факторы.

Исследованию определения и изменения усилий в зацеплении передач с ПТК посвящен ряд работ как российских, так и зарубежных авторов [1–3]. Усилия в циклоидальном зацеплении определялись на основе линейной зависимости между усилием и деформацией (закон Гука).

Исследование изменения усилий в зацеплении передачи с ПТКСО [4] показывает, что при изменении одного или двух входных параметров передачи, усилия в зацеплении увеличиваются при уменьшении радиальных размеров передачи, что естественно. Но иногда возникает такое сочетание исходных параметров, что происходит обратная картина.

Таким образом, необходимо продолжить исследования изменения усилий в циклоидальном зацеплении передачи с ПТКСО, например, при изменении эксцентриситета передачи, на который влияют сразу два исходных параметра.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ефременков, Е. А.** Проектирование циклоидальных механических передач с промежуточными телами качения и свободной обоймой / Е. А. Ефременков, С. К. Ефременкова, Е. Н. Пашков. – Томск: ТПУ, 2022. – 90 с.
2. **Ан И-Кан.** Синтез планетарных передач применительно к роторным гидромашинам / Ан И-Кан, А. Е. Беляев. – Новоуральск: НИИ МИФИ, 2001. – 92 с.
3. **Lustenkov, M. E.** Analysis of contact strength of spherical roller transmission with double-row pinion / M. E. Lustenkov, A. N. Moiseenko // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – № 1118. – P. 6.
4. **Амиров, А. М.** Анализ силовых характеристик передач с промежуточными телами качения и свободной обоймой: магистер. дис. / А. М. Амиров. – Томск, 2016. – 111 с.

УДК 677.026.4

АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА,
МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЗОЛЬКЕТАЛЕМ

¹Е. В. АВДЕЕВА

Научный руководитель ²А. С. НЕВЕРОВ, д-р техн. наук, проф.

¹Институт химии новых материалов НАН Беларуси

Минск, Беларусь

²Белорусский государственный университет транспорта

Гомель, Беларусь

Полипропиленовые нетканые материалы являются наиболее распространенной основой для создания товаров медицинского назначения. Направленное изменение структуры за счет функционального покрытия создает материалы с заданными свойствами. Золькеталь представляет собой циклический кеталь, получаемый взаимодействием ацетона с глицерином в условиях кислого катализа. Он обладает бактерицидными свойствами и может использоваться как антисептик при обработке рабочих поверхностей.

Цель работы: установить особенности влияния модифицирования поверхности полипропиленовых нетканых материалов марки AquaSprun золькеталем и создать на его основе антибактериальные материалы.

В качестве образцов использовали пропиленовые нетканые материалы (100 × 100 мм) марки AquaSprun с поверхностной плотностью 80 г/см² производства «СветлогорскХимволокно», Беларусь. Для создания модифицирующих покрытий использовали ацетон (ГОСТ 2768–84), глицерин (ГОСТ 6259–75), дистиллированную воду (ГОСТ 6709–72). Нанесение модифицирующих покрытий раствором методом проводили фильтрованием под вакуумом при разнице давления 10 мм рт. ст.

Морфологию покрытий изучали с помощью электронного микроскопа JEM-6000 (Jeol, Япония). Антибактериальную активность образцов, модифицированных золькеталем, исследовали в РНПЦГ в условиях прямого контакта со стандартизированными тест-культурами *E. coli* ATCC 11229, *St. aureus* ATCC 6538, *Kl. pneumonia* ATCC 13883.

Модифицирование нетканого материала золькеталем создает на волокнах однородное тонкопленочное покрытие, уменьшая шероховатость их поверхностного слоя. Исходный образец AquaSprunB80 не проявлял антибактериальной активности, для образцов с золькеталем характерен предел эффективности для *E. coli* и *Kl. pneumonia*, *St. aureus*.

Автор выражает благодарность и глубокую признательность д-ру биол. наук, проф. РНПЦГ Н. В. Дудчик за проведение антибактериальных испытаний.

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ X21УЗБГ-030.

УДК 675.92.035.3

ФИЛЬТРУЮЩИЕ СВОЙСТВА НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА, МОДИФИЦИРОВАННЫХ СМЕСЬЮ РАСТВОРИТЕЛЯ

¹Е. В. АВДЕЕВА

Научный руководитель ²А. С. НЕВЕРОВ, д-р техн. наук, проф.

¹Институт химии новых материалов НАН Беларуси

Минск, Беларусь

²Белорусский государственный университет транспорта

Гомель, Беларусь

Для создания текстиля с заданными свойствами проводят направленное изменение его структуры за счет функционального покрытия. Выбор оптимальных условий для синтеза смеси растворителей оказывается достаточно сложным, поскольку ацетон и глицерин представляют собой несмешивающиеся жидкости. При соотношении компонентов, отвечающем минимуму рН, образуется гомогенная система [1].

Цель работы: установить особенности фильтрационных свойств модификации нетканых материалов марок AquaSpun, SpunBel, Meltblown смесью растворителей.

В качестве образцов использовали пропиленовые нетканые материалы (100 × 100 мм) марок AquaSpun с поверхностной плотностью 80 г/см², SpunBel 40 г/см², Meltblown 50 г/см² производства «СветлогорскХимволокно», Беларусь. Для создания модифицирующих покрытий использовали ацетон (ГОСТ 2768–84), глицерин (ГОСТ 6259–75), дистиллированную воду (ГОСТ 6709–72). Нанесение модифицирующих покрытий раствором методом проводили фильтрованием под вакуумом при разнице давления 10 мм рт. ст.

Эффективность воздушной фильтрации (ЭВФ) определялась с помощью специально разработанной лабораторной установки (ГНУ ИХНМ НАН Беларуси). Поверхностные свойства исходных и модифицированных образцов оценивали по краевому углу смачивания водой при объеме капли 5,0 мкл.

Тонкопленочное покрытие «ацетон – глицерин – вода» уменьшает гидрофобные свойства исходных материалов и позволяет использовать их для подавления роста бактерий. Однако в этом случае ЭВФ нетканых материалов значительно снижается для SpunBel40 с 41,16 % до 2,63 %, AquaSpunB80 с 76,46 % до 5,48 %, Meltblown50 с 99,98 % до 77,73 % за счет изменения морфологии и химического состава поверхности волокон.

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ X21УЗБГ-030.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Неверов, А. С. Физико-химические свойства четырехкомпонентной системы «вода – глицерин – ацетон – этиловый спирт» / А. С. Неверов, Е. И. Доценко, О. Е. Пантюхов // Горная механика и машиностроение. – 2020. – № 1. – С. 88–92.

УДК 621.793.3

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕНТНОГО СОДЕРЖАНИЯ АКТИВАТОРА NH_4Cl НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ДИФФУЗИОННЫХ ХРОМИРОВАННЫХ СЛОЕВ

В. С. АНИСИМОВ, А. П. АНДРУКОВИЧ

Научный руководитель А. М. ДОЛГИХ, канд. техн. наук, доц.
Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой
Новополоцк, Беларусь

Одним из признанных методов повышения эксплуатационных характеристик деталей машин и инструмента является химико-термическая обработка (ХТО), которая радикальным образом изменяет состав и физико-химические свойства поверхностных слоев деталей машин. Это позволяет значительно повысить их износостойкость, жаростойкость, коррозионную стойкость, а также увеличивает надежность и долговечность машин.

Шероховатость поверхности (ГОСТ 2789–73) в значительной степени определяет основные эксплуатационные свойства деталей и узлов машин: износостойкость, сопротивление усталости, надежность, контактную жесткость и теплопроводность стыков сопряженных деталей, коррозионную стойкость, герметичность соединений и др. Шероховатость поверхности, получаемая при насыщении поверхности деталей машин, зависит от многих технологических факторов: материала и качества поверхности исходного вида; механических свойств, химического состава и структуры материала заготовки; состава насыщающей смеси, активатора и т. д.

Исследование диффузионных защитных покрытий, полученных методом химико-термической обработки, проводили на образцах, изготовленных из стали марки У10 ГОСТ 1435.

Процесс диффузионного хромирования проводят в исходной смеси, состоящей из следующих компонентов:

$$98 \% [40 \% \text{Al}_2\text{O}_3 + 60 \% (25 \% \text{СК25} + 75 \% \text{Cr}_2\text{O}_3)] + 2 \% \text{NH}_4\text{Cl}.$$

Результаты исследований представлены в табл. 1.

Табл. 1. Влияние процентного содержания активатора на шероховатость поверхности после нанесения карбидных хромированных покрытий (состав смеси для хромирования: $[30 \% \text{Al}_2\text{O}_3 + 70 \% (23 \% \text{Si} + 77 \% \text{C}_2\text{O}_3)] + 2 \% \text{A}$)

Номер образца	n % Al_2O_3	(100-n) смеси		Активатор А	Процентное содержание активатора	Толщина слоя, мкм	Шероховатость R_a , мкм
		Si	Cr_2O_3				
1	30	23	77	NH ₄ Cl	0,5	34	1,030
2	30	23	77		1	37	1,374
3	30	23	77		2	41	1,271
4	30	23	77		3	59	1,020

Проведенные исследования убедительно показывают, что на параметры шероховатости поверхности, полученные после нанесения покрытий диффузионного типа, существенное влияние оказывают вид применяемого активатора и его процентное содержание в насыщающей смеси.

УДК 665.753.4

ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА,
ПОЛУЧЕННОГО ПРИ ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКЕ АСФАЛЬТЕНОВ
РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА

В. В. АРКАЧЕНКОВА¹, П. В. ПОВАЛЯЕВ²Научные руководители Е. В. ФРАНЦИНА², канд. техн. наук, доц.;А. А. ГРИНЬКО², канд. хим. наук, доц.;Ю. Ю. ПЕТРОВА¹, канд. хим. наук, доц.¹Сургутский государственный университет

Сургут, Россия

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Томск, Россия

С ростом добычи высоковязких нефтей и природного битума, содержащих много асфальтенов и смол до 16 % масс...20 % масс., возникает проблема их переработки. Известно, что асфальтены представляют собой кристаллоподобную структуру, имеющую несовершенную гексагонально-плоскостную упаковку атомов углерода. Поэтому при переработке асфальтенов весьма перспективным представляется метод плазменной обработки под действием дугового разряда. Целью работы являлось исследование влияния состава асфальтенов различного генезиса на свойства получаемых в результате плазменной обработки углеродных материалов.

В качестве исследуемого материала использовали асфальтены, выделенные из битума и нефти. Выделение асфальтенов проводили с использованием стандартной процедуры SARA-анализа. Для проведения эксперимента применялся электродуговой реактор постоянного тока с горизонтальным расположением электродов.

Исходные асфальтены и полученный углеродный материал изучали методами рентгеновской дифрактометрии, дифференциального термического анализа, энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа, ИК-Фурье-спектроскопии и лазерной дифракции.

По итогам эксперимента установлено, что в ходе обработки асфальтенов нефти и битума в плазме дугового разряда происходят процессы окислительной деструкции молекул асфальтенов и формирование структуры полиэдрического графита. В исследовании установлено, что более термически стабильным является материал, полученный в ходе плазменной обработки асфальтенов битума, что связано с составом и структурой исходных компонентов. В дальнейшем планируется изучение фракционного состава асфальтенов, поскольку различия в полученных углеродных материалах могут быть связаны с особенностями структуры асфальтенов, в частности с различным содержанием гетероатомов, а также с характерными чертами макромолекулярной организации асфальтенов.

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

УДК 621.762.8

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ ПЕРЕРАБОТАННОГО ЛОМА

М. В. БАШАРИМОВ, А. Ю. ПОЛЯКОВ

Научный руководитель А. Н. ЖИГАЛОВ, д-р техн. наук, доц.

Институт технологии металлов НАН Беларуси

Могилев, Беларусь

Твердые сплавы имеют комплекс уникальных свойств (высокая твердость 85...92 HRA, износостойкость и прочность), сохраняемые до 600 °С...800 °С, благодаря которым твердосплавный металлорежущий инструмент оказывает существенное влияние на развитие мировой промышленности, превосходит инструмент из инструментальной и быстрорежущей стали по своим эксплуатационным свойствам. При этом твердые сплавы обладают повышенной хрупкостью, что снижает эксплуатационные характеристики для металлорежущего инструмента.

В настоящее время актуальной проблемой является поиск дешевых методов совершенствования структуры и повышение эксплуатационных характеристик твердосплавного инструмента.

Научные исследования влияния метода аэродинамического звукового воздействия на структуру твердого сплава показали эффективность перестройки структуры изделия. На предварительно нагретый (21 % от температуры спекания) упрочняемый твердосплавный инструмент воздействуют резонансными акустическими волнами звуковой частоты внутри специальной камеры, что побуждает к перестройке кристаллических решеток, перераспределению и уменьшению количества дислокаций. По окончании процесса аэродинамического звукового воздействия в упрочняемом инструменте образуются новые структуры с измененными эксплуатационными свойствами, связанными с повышением ударной вязкости и, как следствие, повышением износостойкости металлорежущего инструмента, работающего в условиях прерывистого резания с ударными нагрузками.

Твердосплавный инструмент, полученный из заводского порошка, имеет менее выраженную искаженность структуры, чем твердосплавный инструмент из восстановленного твердосплавного лома. Однако несовершенство структур имеет общий характер, что экономически обосновывает и доказывает необходимость совершенствования структуры металлорежущего инструмента, полученного из вторичного сырья.

Создание твердосплавного инструмента, изготовленного из переработанного твердосплавного в специальной вакуумной печи с последующим аэродинамическим упрочнением, позволяет достичь заметного экономического эффекта за счет использования вторичного сырья и низкой себестоимости упрочнения. Сочетание данных технологий даст возможность производить качественный твердосплавный металлорежущий инструмент, конкурирующий с зарубежными аналогами.

УДК 665.775

ДВУХСТАДИЙНЫЙ СПОСОБ МОДИФИКАЦИИ БИТУМА РЕЗИНОВОЙ КРОШКОЙ

Е. А. БУРЫКИН

Научный руководитель Л. В. КОНЧИНА, канд. физ.-мат. наук, доц.

Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

в г. Смоленске

Смоленск, Россия

В настоящее время для производства дорожных покрытий используются материалы на основе нефтяного битума, модифицируемого различными полимерами. Широкое распространение получил метод модификации битума резиновой крошкой. Сущность метода состоит в смешении битума с полимером при температуре 160 °С, вследствие чего образуется прочная резино-битумная композиция [1]. Характеристики получаемой смеси существенно улучшаются по сравнению с «сырым» битумом, однако для конкуренции с методами модификации полимерами, представляющими собой продукты химической промышленности, способ модификации резиновой крошкой нуждается в усовершенствовании. Одним из путей развития данного метода является разделение процесса на две стадии. Проведение первой стадии предполагается при температуре 200 °С...230 °С для увеличения растворимости и пластичности смеси вследствие десульфурации и разложения резины. Однако при такой температуре каучук подвергается частичной деструкции, что негативно сказывается на качестве продукции. Для компенсации вышеописанного применяется вторая стадия смешивания при температуре 180 °С. При данной температуре процесса смесь находится в равновесии, а температура размягчения не имеет тенденции к резкому понижению (рис. 1).



Рис. 1. Влияние температуры процесса приготовления на величину пластичности (а) и температуры размягчения (б) модифицированного битума

Таким образом, использование двухстадийного способа модификации битума резиновой крошкой позволит улучшить качество продукции без повышения расходов на сырье.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Xia, C.** Swelling and Degradation Characteristics of Crumb Rubber Modified Asphalt during Processing / C. Xia, M. Chen, J. Geng // *Modelling and Characterization of Infrastructure Materials*. – 2021 – № 18. – С. 565–571.

УДК 666.9-1

ИССЛЕДОВАНИЕ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ИТТРИЙ-АЛЮМИНИЕВОГО ГРАНАТА

Д. Е. ДЕУЛИНА, В. Д. ПАЙГИН

Научный руководитель О. Л. ХАСАНОВ, д-р техн. наук, проф.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Томск, Россия

Среди широкого класса оптических материалов иттрий-алюминиевый гранат ($Y_3Al_5O_{12}$, YAG) является одним из наиболее перспективных. Он обладает широким спектром применений в различных отраслях промышленности. Поликристаллические материалы на основе YAG обладают превосходными физическими, химическими, термическими, механическими и оптико-люминесцентными свойствами.

В последние годы порошковые люминофоры и люминесцентная прозрачная керамика на основе иттрий-алюминиевого граната, активированного ионами церия (YAG:Ce), используются в качестве люминофоров при производстве белых светоизлучающих диодов. Наиболее перспективной с точки зрения практического применения и дальнейшего развития технологии светоизлучающих диодов является люминесцентная керамика. Она обладает рядом преимуществ перед порошковыми люминофорами и может использоваться совместно со светоизлучающими диодами высокой мощности [1, 2].

Люминесцентную керамику на основе иттрий-алюминиевого граната изготавливают различными методами: холодным прессованием с последующим спеканием, горячим прессованием или электроимпульсным плазменным спеканием [1].

Наиболее перспективный метод изготовления такой керамики – электроимпульсное плазменное спекание, поскольку он обеспечивает сохранение исходного фазового состава, структуры и высокую плотность консолидируемых материалов, близкую или равную теоретической.

В работе исследовано влияние добавки оксида церия на процессы электроимпульсного плазменного спекания лабораторных порошков иттрий-алюминиевого граната.

Работа выполнена при поддержке Госзадания «Наука» № FSWW-2020-0014 (5.0017.GZB.2020) на оборудовании ЦКП НОИЦ НМНТ, поддержанного проектом Минобрнауки России № 075-15-2021-710.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Materials development and potential applications of transparent ceramics: A / Z. Xiao [et al.] // Materials Science & Engineering R. – 2020. – Vol. 139. – P. 100518.
2. Advances in transparent glass-ceramic phosphors for white light-emitting diodes – A review / D. Chen [et al.] // Journal of the European Ceramic Society. – 2015. – Vol. 35, № 3. – P. 859–869.

УДК 621.3

ПРИМЕНЕНИЕ БЕЗГАЛОГЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ
РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА
ДЛЯ СУДОВЫХ ГЕРМЕТИЗИРОВАННЫХ КАБЕЛЕЙ

М. Д. ЖУЛЬМИНА

Научный руководитель А. П. ЛЕОНОВ, канд. техн. наук, доц.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Томск, Россия

В процессе проектирования кораблей при выборе кабельных изделий конструкторы руководствуются общими техническими требованиями к кораблестроению (ОТТ).

Судовые кабели должны обеспечивать требования по пожарной безопасности в соответствии с ГОСТ 31565, нераспространение горения в условиях прокладки в пучках по категории «А», срок эксплуатации судовых кабелей не менее 40 лет, повышенную устойчивость к изгибам (для кабелей нестационарной прокладки), стойкость к воздействию разогретых масел или паров масел, а также стойкость к воздействию дизельного топлива, повышенную стойкость к радиальному гидростатическому давлению до 120 МПа и продольному гидростатическому давлению до 15 МПа.

В настоящее время значительная часть конструкций герметизированных кабелей (по типу СМПВГ, КРНГ, КВДН) разработана 30 лет назад и не отвечает современным требованиям надежности и пожарной безопасности по ГОСТ 31565. Для создания современных конструкций судовых герметизированных кабелей была проведена исследовательская работа совместно с российскими предприятиями-изготовителями полимерных материалов.

Результаты исследования показали, что российские безгалогенные материалы в составе судовых герметизированных кабелей являются перспективной заменой устаревших материалов, а также импортных аналогов. Кабели, выполненные на российских безгалогенных полимерных материалах, удовлетворяют современным требованиям пожарной безопасности, маслостойкости, стойкости к изгибам и теплостойкости.

Таким образом, применение безгалогенных полимерных материалов в качестве изоляции и оболочки судовых герметизированных кабелей является перспективным конструкторским решением для развития кабельной техники и судостроения в целом.

УДК 621.891.923

АЛМАЗОАБРАЗИВНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ОБРАБОТКИ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

П. А. КОСТЮКЕВИЧ

Научный руководитель А. М. КУЗЕЙ, д-р техн. наук, доц.

Физико-технический институт НАН Беларуси

Минск, Беларусь

В работе изучено влияние структуры алмазосодержащих композиционных материалов (АКМ), фракционного состава алмазных зерен на режущую способность инструмента при шлифовании сверхтвердого композиционного материала на основе алмаза (PCD). В качестве АКМ использовали состав на основе фенолформальдегидной смолы (40 об. %), наполнителя (25 об. %), алмазного порошка (АС, фракция 50/40) – 35 об. %. В качестве наполнителя использовали порошки карбида кремния, тетрабората натрия. Обработку заготовок поликристаллического алмаза 30...60 мг проводили на круглошлифовальном станке марки ШП-3. Длительность обработки заготовок составляла 3 и 6 мин (далее 3 (6)). Режущая способность (производительность шлифования) алмазных кругов с алмазными порошками фракций 50/40, 80/63, 100/80 мкм после 3 (6) мин обработки поликристаллов составила 0,7 (0,5); 0,9 (0,7); 1,1 (1,1) мг/мин. Режущая способность алмазных кругов с тетраборатом натрия (наполнитель) и алмазными порошками фракций 50/40, 80/63, 100/80 после 3 (6) мин обработки составила 0,9 (0,8); 1,2 (1,1); 1,4 (1,4) мг/мин.

Увеличение режущей способности алмазных кругов с тетраборатом натрия можно связывать со снижением физико-механических характеристик связки по сравнению со связкой, содержащей карбид кремния. Различия в значениях режущей способности АКМ с карбидом кремния в качестве наполнителя после 3 (6) мин обработки для кругов с алмазными порошками фракций 50/40, 80/63 и постоянные значения режущей способности у круга с алмазным порошком фракции 100/80 мкм показывают, что круги с алмазными порошками фракций 50/40, 80/63 после 3 (6) мин обработки работают в режиме «засаливания». Постоянные значения режущей способности АКМ с алмазными зернами фракций 80/63, 100/80 и тетраборатом натрия после 3 (6) мин обработки указывают на износ связки, скорость которого обеспечивает участие в процессе обработки изношенных зерен. Снижение значений режущей способности АКМ, содержащего алмазные зерна фракций 50/40 мкм, несмотря на ускоренный износ связки (по сравнению с композиционным материалом с карбидом кремния), указывает на то, что изнашивание АКМ происходит преимущественно из-за разрушения и выкрашивания алмазных зерен из связки. Более высокие значения режущей способности алмазосодержащих композиционных материалов с алмазными зернами фракции 100/80 мкм обусловлены большей их прочностью закрепления в связке и характером разрушения зерен – множественными сколами.

УДК 621

РАССМОТРЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПОЛОЙ ПОЛОСЫ, ПОДВЕРЖЕННОЙ ВОЗДЕЙСТВИЮ ИЗГИБАЮЩИХ НАГРУЗОК

А. И. КОЧУГИН, В. А. ЛИШАНКОВ

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

Применение аддитивных технологий вполне обоснованно, если изготовление объекта с использованием стандартных практик либо вообще неосуществимо, либо предполагает значительные затраты трудовых ресурсов и сырья, а следовательно, финансово нецелесообразно. В качестве такого примера была рассмотрена сплошная полоса листа, подвергнутая воздействию нагрузки перпендикулярной плоскости полосы, т. е. работающей на изгиб (рис. 1).

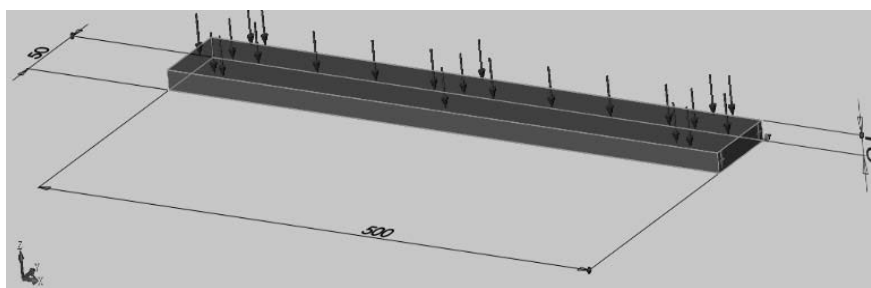


Рис. 1. Расчетная схема полосы листа работающей на изгиб

Анализ напряженно-деформированного состояния сплошной полосы показал, что срединная часть по толщине полосы существенно недогружена, здесь напряжения близки к нулевым значениям. Таким образом, можно сделать вывод о том, что материал срединной части используется неэффективно и он без особого ущерба может быть удален. На основании этих рассуждений было предложено изготавливать лист не сплошным, а с шарообразными выточками, как это показано на рис. 2.

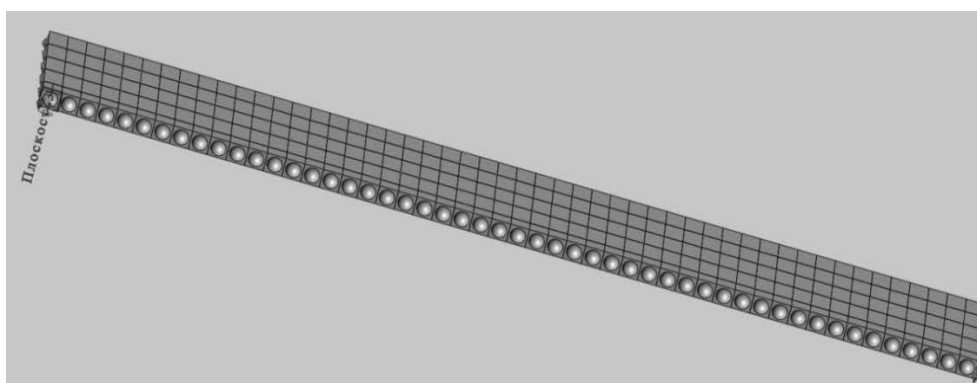


Рис. 2. Полоса с полостями в форме сферических выточек

Данное мероприятие позволило снизить материалоемкость полосы на 26 %.

В дальнейшем производился поиск оптимальных размеров выточек и их формы, обеспечивающих равнопрочность со сплошной полосой.

УДК 621.9.048

ФОРМИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ МИКРОГЕОМЕТРИИ ПОВЕРХНОСТИ МЕТОДОМ ВИБРАЦИОННОГО ТОЧЕНИЯ

Е. А. КУДИНОВ, А. В. МАКАРОВ, А. И. ШАПОВАЛОВ

Научный руководитель А. А. ВЛАДИМИРОВ, канд. техн. наук

Старооскольский технологический институт им. А. А. Угарова (филиал)

Национального исследовательского технологического университета «МИСиС»

Старый Оскол, Россия

Детали различного металлургического оборудования работают при высоких знакопеременных нагрузках и в условиях критических температур, что сопровождается интенсивным износом контактных поверхностей пар трения.

Для снижения интенсивности износа этих поверхностей и увеличения межремонтного интервала необходимы качественные смазочные материалы и достаточное их количество в зоне трения. Обеспечение наличия смазочных материалов в зоне трения достигается за счет создания сложной регулярной микрогеометрии поверхности.

Одним из эффективных способов получения регулярной микрогеометрии является вибрационная обработка, которая позволяет снизить среднее время приработки поверхностей пары трения минимум в 2 раза с 10...12 до 5...6 мин, с исключением шлифовальной операции.

Объектом исследования является процесс вибрационной токарной обработки деталей типа вал. Данный способ позволяет создавать сложный регулярный микропрофиль поверхности, который изменяет процессы трения механизмов с вращающимися и возвратно-поступательными движениями. Форма микрогеометрии позволяет формировать на поверхности детали специальные канавки. Геометрия канавок удерживает большее количество смазочного материала, способствуя созданию масляного клина толщиной 0,1...500 мкм и переходу от граничного к гидродинамическому виду трения. Это позволяет снизить коэффициент трения до 0,05 и повысить период основной эксплуатации узла и машины.

Исследование формирования регулярного микрорельефа производилось на образцах из труднообрабатываемых материалов с различными режимами амплитудно-частотных параметров. Получены следующие параметры поверхностей: шероховатость поверхности $Ra = 7,5...2,5$ мкм; относительная опорная длина поверхности $t_p = 50\%...90\%$; число канавок на $1000 \text{ мм}^2 - 100...230$ шт.

Таким образом, применение вибрационной токарной обработки позволяет повысить эксплуатационные характеристики деталей из труднообрабатываемых новых материалов не менее чем в 1,5 раза, обеспечить способ обработки таких материалов с формированием регулярного микрорельефа, исключая операцию шлифования.

Наличие на трущихся поверхностях канавок значительного влияния на площадь контакта не оказывает.

УДК 620.171.2

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И СТРУКТУРЫ КАРБОНИТРИДНОЙ ЦИРКОНИЕВОЙ КЕРАМИКИ

Е. Д. КУЗЬМЕНКО

Научный руководитель С. В. МАТРЕНИН, канд. техн. наук, доц.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Томск, Россия

В результате проведенного исследования получены композиционные материалы на основе карбида, нитрида и диоксида циркония. Рассмотрим полученные микроструктуры для керамики состава 50 % ZrC – 50 % ZrN, как показано на рис. 1.

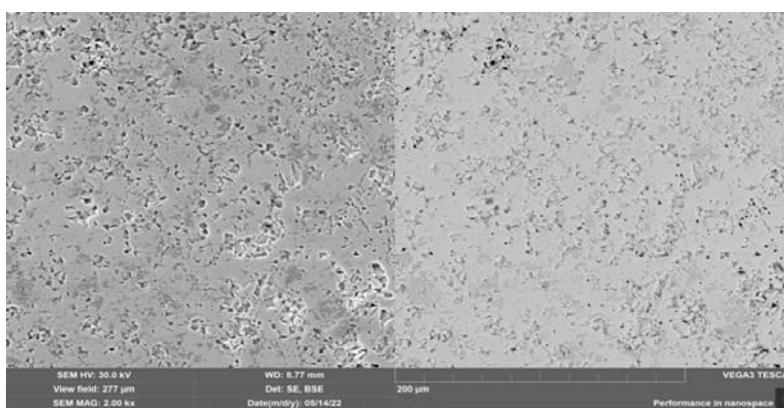


Рис. 1. Поверхность образца 50 % ZrC + 50 % ZrN при увеличении 1000×

Полученная керамика обладает высокой пористостью и является термостойкой. Изучим механические свойства данного образца при помощи установки Nano Indenter G 200. В серии испытаний твердость по Мартенсу для рассматриваемой керамики составила 2296,3 МПа. Модуль упругости – 50437,1 МПа, как показано на рис. 2.

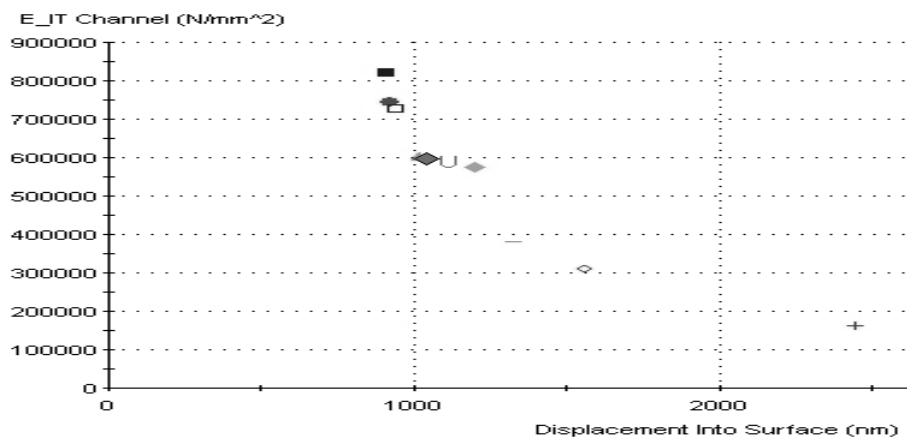


Рис. 2. Модуль упругости образца 50 % ZrC + 50 % ZrN

УДК 51-74

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА КОРПУСА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

А. В. КУПРЯШОВ

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

Актуальной задачей в разработке современной ракетно-космической техники является проблема выбора материала для изготовления корпуса летательного аппарата. Работа описывает новый подход к выбору наилучшего варианта композитного материала корпуса летательного аппарата. Для этого произведено совместное исследование прочности, устойчивости и динамического поведения цилиндрической оболочки (имитация корпусного изделия) из ортотропных материалов (композитов) на основе точных математических моделей их деформирования, эффективных алгоритмов расчета, специально разработанного программного обеспечения, а затем с помощью математических методов расчета выбран наилучший вариант исполнения.

Исследования прочности, устойчивости и динамического поведения цилиндрических оболочек выполнялись с использованием конечно-элементного анализа. Конечно-элементная модель создана в программном комплексе *Femap with Nastran NX*. Размеры оболочки для всех вариантов исполнения одинаковы.

В результате статического, модального анализов, анализа на устойчивость были получены основные характеристики исследуемых материалов: значение максимального деформирования при статическом анализе, мкм; значение первой частоты собственных колебаний, Гц; величина деформирования материала при модальном анализе, мм; критическое напряжение, Н; величина деформирования стенки оболочки при анализе на устойчивость, мкм; масса, кг.

В дальнейшем используется математический метод таблично-матричной нормализации критериев. Суть метода сводится к последовательности процедур, с помощью которой все критерии приводятся к единому безразмерному масштабу измерений. Вес критериев определяется относительно важности при выборе требований, предъявляемых к изделиям ракетно-космической техники.

Важнейшую роль в выборе композиционного материала в ракетно-космической отрасли играет масса конструкции. Этот критерий минимизируется. Поэтому от максимального элемента каждого столбца матрицы выигрышей отнимаем каждый элемент этого столбца и делим данное число на разность между максимальным и минимальным элементами столбца. Второй критерий максимизируется, поэтому проводятся обратные итерации. И так для каждого критерия. В результате получается матрица рисков, благодаря которой вычисляются функции полезности по каждому варианту.

В результате анализа определен наилучший вариант изготовления цилиндрической оболочки из композитного материала, т. е. его функция полезности максимальна.

УДК 666.616; 552.11

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛАУКОНИТСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД ДЛЯ СИНТЕЗА СТЕКОЛ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

М. А. КУРИЛОВИЧ, И. М. АЗАРЕНКО

Научный руководитель Ю. А. КЛИМОШ, канд. техн. наук, доц.
Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

В Республике Беларусь разведанное Новодворское месторождение (Пинский район, Брестская обл.) представлено полезными ископаемыми – базальтами и сапонитовыми туфами, а также попутными – глауконитсодержащими осадочными породами. Применение базальтов для получения минеральных волокон и теплоизоляционных материалов достаточно подробно описано в литературе. Однако сведения об использовании глауконитсодержащих пород для получения стекол весьма малочисленны.

Целью исследования является разработка рецептуры сырьевых композиций стекол и технологических параметров их получения с использованием глауконитсодержащих пород Новодворского месторождения, которые по химико-минеральному составу являются перспективным кремнийсодержащим компонентом.

При проведении предварительных экспериментальных исследований использовалась усредненная валовая глауконитсодержащая порода состава, % масс.: SiO_2 72,75; Al_2O_3 8,11; TiO_2 0,77; $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ 9,10; CaO 1,19; MgO 1,75; $(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ 2,25; MnO 0,14; Ag_2O 0,28; CuO 1,74; ппп 1,9. Она состояла из смеси пород трех вертикально расположенных горизонтов (пластов) идентичного химико-минерального состава, залегание которых является спецификой месторождения.

Стекла синтезировались в системе «глауконитсодержащая порода – мел – оксид железа – кальцинированная сода», оптимизированы пределы содержания сырьевых компонентов шихты. Полученное стекло (рис. 1) обладает удовлетворительными технологическими свойствами и может служить основой для получения стекол различного назначения.



Рис. 1. Экспериментальные образцы стекла

Таким образом, установлено, что главным критериальным фактором получения качественных стекол является рациональное сочетание тугоплавких и легкоплавких оксидов, что обеспечивает необходимую выработочную вязкость, способность формироваться различными способами, цвет, а также комплекс удовлетворительных физико-химических свойств.

Результаты исследования подтвердили перспективность использования глауконитсодержащих вскрышных пород, что будет способствовать расширению минерально-сырьевой базы Республики Беларусь и наиболее рациональному использованию полезных и попутных ископаемых Новодворского месторождения.

УДК 669.295

КОНЦЕПТ-ТЕХНОЛОГИЯ ПИРО- И ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ КВАРЦ-ЛЕЙКОКСЕНА

Т. Г. ЛЮБУШКИН

Научный руководитель Е. Н. КУЗИН, канд. техн. наук, доц.
Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
Москва, Россия

Россия является одним из мировых лидеров по запасам титанового сырья. Около 50 % титана нашей страны сосредоточено в кварц-лейкоксене Ярегского нефтетитанового месторождения. К сожалению, в настоящее время переработка подобного стратегического титанового сырья практически не производится ввиду отсутствия комплексной энерго- и ресурсоэффективной технологии.

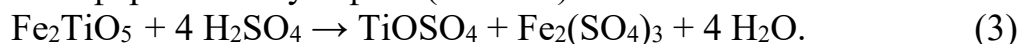
В научно-технической сфере последние годы активно ведется разработка методов переработки кварц-лейкоксена, однако предложенные технологии являются, скорее, подготовительными операциями (повышение содержания титана) и характеризуются низкой экономической рентабельностью или недостаточной эффективностью [1].

На кафедре промышленной экологии Российского химико-технологического университета имени Д. И. Менделеева предложена технология комплексной пиро- и гидрометаллургической переработки кварц-лейкоксенового концентрата.

На стадии пирометаллургической обработки кварц-лейкоксен спекают с оксидами железа (II) или (III) ($\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ соответственно), в результате чего происходит образование фазы синтетического псевдобрукита:



Получаемый продукт обладает высокой химической активностью по сравнению с исходным кварц-лейкоксеном (в 5 раз более активный) и хорошо вскрывается растворами серной кислоты 60–80-процентной концентрации с извлечением титана в форме оксисульфата (TiOSO_4).



Полученные растворы могут быть использованы в качестве комплексного титансодержащего коагулянта для очистки сточных вод гальванических и иных производств [2], а также в качестве прекурсора для получения диоксида титана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Принципы пирогидрометаллургической переработки кварц-лейкоксенового концентрата с формированием фазы псевдобрукита / Е. Н. Кузин [и др.] // Обогащение руд. – 2021. – № 3. – С. 33–38.

2. Кузин, Е. Н. Комплексные коагулянты очистки сточных вод гальванического производства / Е. Н. Кузин, Н. Е. Кручинина // Гальванотехника и обработка поверхности. – 2019. – Т. 27, № 4. – С. 43–49.

УДК 621.7

ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВНУТРИКОСТНЫХ ИМПЛАНТАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

О. А. МАРКЕЛОВА, А. А. ФОМИН

Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. Гагарина
Саратов, Россия

Одной из перспективных задач биоинженерии является создание индивидуальных конструкций внутрикостных имплантатов, которые могут быть применены с учетом той или иной клинической ситуации, что позволит значительно снизить осложнения при имплантации на этапе хирургического лечения. Для получения имплантатов сложной формы, учитывающей анатомические особенности человека, целесообразно прибегнуть к аддитивной технологии, предполагающей формирование имплантатов (на основе трехмерных моделей) путем последовательного наращивания материала, а не путем удаления лишнего, как в традиционных методах изготовления имплантатов.

Предложена технология аддитивного формирования внутрикостных конструкций послойной печатью металлонаполненным филаментом, включающая: подготовку порошка для получения металлонаполненного филамента: смешение металлического порошка (70 %), связующего полимера (25 %) и специальных добавок (5 %); смешение порошков в шаровой мельнице; экструзия филамента с параллельным нагревом гранул; трехмерная печать металлонаполненным филаментом при технологических режимах: высота слоя – 0,5 мм, максимальная высота слоя – 0,8 мм, скорость печати – 10 мм/мин, температура сопла – 230 °С, температура подогрева стола – 70 °С; удаление связующего вещества путем нагрева изделия и выдержкой в течение определенного времени; спекание изделия в вакуумной печи.

Анализ поверхности образцов, напечатанных с использованием 3D-принтера для послойной печати, показывает, что при печати филаментом удается создать ровные слои без дефектов. В слоях сформированных образцов имеются частицы металла размером 20...40 мкм, связанные расплавленным и затвердевшим полимером. Металлические частицы распределены равномерно по всей поверхности и занимают 40 %...50 % объема образца.

Предложена аддитивная технология трехмерной печати имплантационных конструкций на основе трехмерной модели дефекта с использованием металлонаполненного филамента. В дальнейшем детальнее необходимо исследовать технологию термической обработки (спекания) полученных конструкций для различных металлов, входящих в состав филаментов. Актуальной является модификация поверхности полученных конструкций с использованием электрофизических и электрохимических методов.

УДК 54.057;54–114

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ МЕТОДОМ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ИСПАРИТЕЛЬНОГО СИНТЕЗА

В. В. МАРЧЕНКО, К. А. ДОБРИЯНЕЦ

Научный руководитель Г. В. КОТОВ, канд. хим. наук, доц.
Белорусский государственный педагогический университет
имени Максима Танка
Минск, Беларусь

Интерес к микро- и наноматериалам определяется тем, что уменьшение размера частиц вещества ниже некоторого критического значения может приводить к резкому изменению их свойств. Эти материалы в настоящее время широко используются в самых различных областях науки и техники. Среди разнообразия существующих методов получения малоразмерных частиц одним из наиболее перспективных следует признать метод Low Pressure Spray Pyrolysis (LPSP), при котором образование наночастиц происходит внутри микронных капель растворов при их испарении в аэрозольном реакторе. Высокая скорость испарения достигается за счет пониженного давления в реакторе и малого массового расхода капель исходного раствора.

Практическая направленность метода LPSP обусловлена его сравнительной простотой, вместе с тем вследствие испарительного охлаждения температура жидкости мало зависит от температуры внешней среды и не превышает ее собственную температуру кипения. Это обстоятельство позволяет отказаться от использования высокотемпературных печей и применять для интенсивного испарения понижение давления. Таким образом, в исследовании реализован не уже ставший традиционным метод испарительного пиролиза микрокапель, а метод испарительного низкотемпературного синтеза.

Для проведения синтеза была создана лабораторная установка, где в качестве генератора микрокапель использован ультразвуковой небулайзер. Размер микрокапель – 0,5...5 мкм. Для проведения исследований были использованы водные растворы солей меди, железа, никеля, а также силикатов и фосфатов щелочных металлов ($\omega = 0,1...0,4$ масс. д.). Для создания разрежения использован мембранный вакуумный насос (рабочее давление – 40...100 торр).

В лабораторной установке реализован проточный принцип. В генератор микрокапель подается воздух через капилляр, по расходу воздуха устанавливается заданное давление. Микрокапли образовавшегося аэрозоля, двигаясь по газоходному тракту, быстро испаряются, с ростом концентрации раствора в объеме микрокапель в процессе нуклеации образуются наночастицы.

Улавливание образовавшегося продукта происходит в приемном отделении на подогреваемой подложке в высоковольтном электростатическом поле. Продукт – тонкодисперсный порошок сложного состава, содержащий восстановленные компоненты с различной степенью окисления, зависящей от условий проведения синтеза. При исследовании получаемого продукта использованы различные физико-химические методы анализа.

УДК 537.9

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ ZnO,
СФОРМИРОВАННЫХ ИЗ АКТИВНОЙ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ

А. М. МИХАЛКО

Научный руководитель А. А. РОГАЧЕВ, д-р техн. наук, проф.
Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины
Гомель, Беларусь

Получение тонких покрытий с управляемыми структурой и свойствами является важной научно-практической задачей.

Нами были сформированы покрытия ZnO толщиной $d = 52, 100$ и 165 нм из активной газовой фазы, образованной низкоэнергетичным электронно-лучевым диспергированием ацетата цинка и последующим отжигом при $T_{отж} = 200$ °C и $t_{выд} = 60$ мин.

Анализ морфологии по оптическим микроснимкам показал, что у всех покрытий ZnO наблюдаются структуры до 10 мкм произвольной формы. Для толщины 52 нм характерны включения менее 40 мкм. На поверхности покрытия $d = 100$ нм обнаружены хаотично расположенные трубчатые структуры длиной от 50 мкм и шириной до 10 мкм. Поверхность покрытия ZnO $d = 165$ нм представляет собой крупные зерновидные пластины размерами более 60 мкм. При помощи АСМ было установлено, что наносероховатость для покрытия $d = 52, 100$ и 165 нм составила $22,7, 56,6$ и $21,1$ нм соответственно.

Данные УФ-ВИД-спектроскопии позволили установить значительное уменьшение пропускания покрытия ZnO толщиной 165 нм в сравнении с более тонкими. Также из графиков виден рост поглощения в области $500...700$ нм, что характерно и для покрытий оксида цинка, полученных другими методами [1].

Ширина запрещенной зоны, определенная на основании данных из УФ-ВИД-спектров поглощения, составила $3,11, 3,07$ и $3,02$ эВ для покрытий толщиной $52, 100$ и 165 нм соответственно. С ростом толщины покрытий уменьшается ширина запрещенной зоны, упрощая переход электронов в зону проводимости.

Методом импедансной спектроскопии в частотном диапазоне $25 \div 10^6$ Гц установлено, что проводимость с ростом толщины покрытий существенно увеличивается и составляет при постоянном напряжении $0,279, 0,352, 18$ мСм/см для покрытия $d = 52, 100$ и 165 нм соответственно. Годограф импеданса имеет вид пересекающихся окружностей, смещенных относительно оси абсцисс, что свидетельствует о достаточно сложной структуре проводящих слоев.

Развитая морфология, высокая прозрачность при длинах волн от 400 до 1100 нм, особенно для покрытий толщиной 100 нм, и сравнительно высокая электропроводность дают возможность применения покрытий в сенсорных, оптоэлектронных устройствах, получения «умных» стекол.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Efficient dye-sensitized solar cells composed of nanostructural ZnO doped with Ti / M. U. Rahman [et al.] // Catalysts. – 2019.

УДК 533.924

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ПОТОКОМ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИОНОВ АРАМИДНЫХ И СВМПЭ-ВОЛОКОН

И. К. НЕКРАСОВ

Научный руководитель И. Ш. АБДУЛЛИН, д-р техн. наук, проф.
Казанский (Приволжский) федеральный университет
Казань, Россия

Плазменная модификация волокнистых материалов выделяется на фоне других методов обработки своей экологичностью. Среди плазменных методов наибольших успехов достиг метод обработки в высокочастотном емкостном разряде (ВЧЕ) пониженного давления.

Для создания композиционных материалов одним из важных свойств волокнистых материалов является смачиваемость волокон. Благодаря методу обработки потоком низкоэнергетических ионов удается повысить смачиваемость различных волокон в несколько или в десятки раз.

Метод обработки потоком низкоэнергетических ионов хорошо исследован для тканей различных волокон, в том числе для сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) и арамидных. Однако остается неизвестным поведение отдельных волокон после обработки. Исследовано влияние потока низкоэнергетических ионов на волокна СВМПЭ (табл. 1) и арамидную нить (табл. 2).

Табл. 1. Исследование влияния потока низкоэнергетических ионов на волокна СВМПЭ

Обработка	Разрывное усилие, Н	Относительное удлинение, %	Процентное изменение разрывного усиления, %
Без обработки	816	12,4	3
С обработкой	793	13,5	

Табл. 2. Исследование влияния потока низкоэнергетических ионов на арамидную нить Русар-С

Обработка	Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	Процентное изменение удельной разрывной нагрузки, %
Без обработки	221	19
С обработкой	179	

Таким образом, показана перспективность применения обработки потоком низкоэнергетических ионов для создания композиционных материалов без существенного ухудшения характеристик волокнистых материалов. Для СВМПЭ изменение разрывного усиления составляет всего 3 % (см. табл. 1), в то время как другие характеристики (смачиваемость и др.) повышаются.

УДК 621.762.2

ОСОБЕННОСТИ МЕХАНОСИНТЕЗА ПОРОШКОВ
СИСТЕМЫ «АЛЮМИНИЙ – КРЕМНИЙ»

А. С. ОЛЕНЦЕВИЧ

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

В настоящее время в области аддитивных технологий большое внимание уделяется материалам на основе алюминия, что обусловлено их довольно низкой температурой плавления, невысокой плотностью и низкой стоимостью. Среди алюминиевых композиций наибольший интерес представляют литейные сплавы – силумины. Обладая низкой вязкостью в жидком состоянии, они обеспечивают получение изделий высокого качества с плотной однородной структурой. В то же время следует отметить, что, наряду с хорошей жидкотекучестью, данные сплавы отличаются низкой пластичностью, падающей с увеличением содержания кремния, количество которого может достигать 22 %. Улучшения механических свойств изделий из алюминиевых сплавов, полученных аддитивными технологиями, можно добиться путем формирования в материале наноразмерных фаз с высокой термодинамической стабильностью. Одним из способов получения таких материалов является технология реакционного механического легирования.

В ходе исследований были проведены эксперименты, целью которых являлось изучение влияния условий механического легирования на формирование гранулированных композиций системы «алюминий – кремний – магний». Изучено влияние времени обработки, химического состава и температуры рабочей камеры на морфологию и гранулометрический состав порошков.

В ходе экспериментов было установлено, что механосинтез композиций выбранного химического состава при температуре рабочей камеры 20 °С сопровождается формированием порошков с размером частиц менее 63 мкм, средний диаметр которых снижается с увеличением времени обработки. Повышение содержания кремния в исходной шихте также сопровождается измельчением синтезируемого материала.

Увеличение температуры рабочей камеры позволило существенно повысить средний размер частиц. При этом установлено, что для получения порошка нужной фракции и исключения налипания материала на стенки камеры уже при температуре 70 °С в композицию необходимо вводить поверхностно-активные вещества, в качестве которых могут быть использованы графит, стеариновая кислота, изопропиловый спирт.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что, управляя параметрами процесса механического легирования, можно синтезировать порошки системы «алюминий – кремний – магний» требуемого гранулометрического состава.

УДК 646.31:666.3

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК НА БИОАКТИВНОСТЬ КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНОЙ КЕРАМИКИ

А. Д. ПОДСОСОННАЯ

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

Для исследования биоактивности материалов применялся раствор, моделирующий ионный состав межтканевой жидкости человеческого организма (SBF-раствор).

Опытные образцы содержали гидроксиапатит, полученный жидкофазным синтезом из растворов, а также добавки, которые вводились в количестве 10 % масс. сверх 100 %. В качестве модифицирующих добавок использовались триполифосфат натрия (ГОСТ 13493), кремниевая кислота (ГОСТ 4214), жидкое стекло (ГОСТ 13078), кварцевое и фосфатное биостекла, полученные по золь-гель-технологии. Сформованные методом 3D-печати изделия подвергались сушке в сушильном шкафу SNOL 58/350 (Литва) и обжигу в электрической лабораторной печи SNOL 1,6,2,5.1/13,5-Y1 (Литва) при температуре 900 °С. Скорость обжига составляла 120 °С/ч. Далее изучались биологические свойства полученных материалов. Для этого образцы массой 1,6 г помещали в пластиковые контейнеры, содержащие по 100 см³ SBF-раствора, и выдерживали 1...21 сут при 37 °С в термостате ТС-1/20. Через заданные промежутки времени определяли концентрацию ионов кальция в SBF-растворе комплексонометрическим методом с использованием мурексида, трилона Б и твердого NaOH. Результаты проведенных исследований представлены на рис. 1.

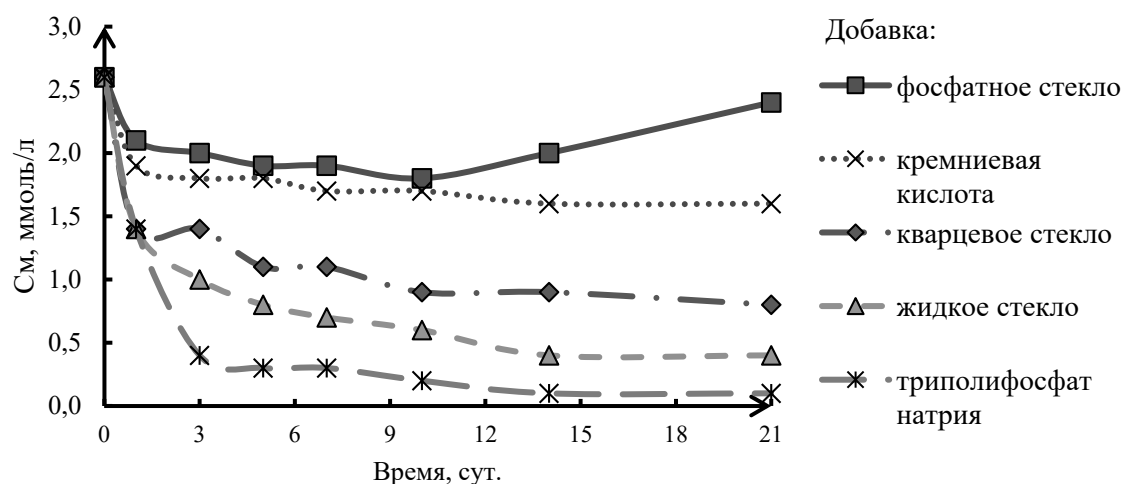


Рис. 1. Изменение концентрации ионов Ca²⁺ в SBF-растворе

Поскольку снижение концентрации ионов Ca²⁺ в SBF-растворе происходит пропорционально росту гидроксиапатита на поверхности материала, то образцы, содержащие триполифосфат натрия, обладают более высокой биологической активностью.

УДК 666.7

ПОЛУЧЕНИЕ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ CaO-SiO_2
ДЛЯ ЛИТЬЯ АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ

А. С. САМСОНОВА

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

В промышленности для литейной оснастки перспективными керамическими огнеупорными материалами для литья алюминия и его сплавов являются огнеприпасы на основе силикатов, преимущественно волластонита. Волластонитовая керамика обладает уникальными эксплуатационными характеристиками: высокой термо- и химической стойкостью к алюминиевым расплавам, низким коэффициентом теплопроводности, а также высокими прочностными характеристиками за счет механического зацепления игл волластонита с компонентами силикатных масс.

В работе для синтеза волластонитсодержащей керамики в качестве сырьевых материалов использовали следующие компоненты: доломитовую муку, кальцийсодержащие отходы циклонной пыли с известкового цеха (г. Климовичи), маршалит, трепел месторождения «Стальное», огнеупорную глину Веселовского месторождения. Изготовление опытных образцов осуществлялось методом полусухого прессования. Предварительно подготовленные сырьевые компоненты (измельченные до остатка на сите № 05 1 %...2 % и высушенные при 50 °С в сушильном шкафу) подвергали совместному помолу в микрошаровой мельнице в течение 20 мин, далее смесь увлажняли до влажности 6 % масс...8 % масс. Готовый пресс-порошок вылеживался в течение 1 сут. Опытные образцы прессовали на гидравлическом прессе при давлении 20...25 МПа (прессование двухступенчатое). Далее проводилась сушка образцов в сушильном шкафу при температуре (100 ± 5) °С, после чего образцы обжигались в печи в интервале 1000 °С...1300 °С с подъемом температуры 5 °С/мин и выдержкой 1 ч при максимальной температуре. Образцы охлаждались инерционно вместе с печью до комнатной температуры. Исследование свойств и фазового состава синтезированного материала позволило установить, что наиболее полно синтез волластонита происходит в смеси кальцийсодержащего отхода и трепела с улучшением эксплуатационных характеристик. Материалы, получаемые на основе указанных сырьевых компонентов при оптимальной температуре обжига 1150 °С, характеризуются следующими показателями свойств: водопоглощение – 15,4 %, кажущаяся плотность – 1872 кг/м³, открытая пористость – 28,8 %, механическая прочность при сжатии – 60,1 МПа, температурный коэффициент линейного расширения – $6,9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Рентгенофазовый анализ полученной керамики показал, что качественный фазовый состав представлен волластонитом и псевдоволластонитом, низкотемпературной модификацией кварца, в незначительном количестве фиксируются тридимит, неустойчивое соединение Ca_2SiO_4 , а также присутствуют несвязанный кварц и оксид кальция, также в некоторых образцах состава проявляется известь.

УДК 677.46

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НИТЕЙ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А. И. СОСНОВСКАЯ

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

В настоящий момент для белорусских производителей наиболее перспективными материалами для изготовления обуви и одежды специального назначения являются многофункциональные текстильные материалы. Одним из производителей функциональных нитей является ОАО «СветлогорскХимволокно», выпускающее такой ряд нитей: Quick Dry (имеют многоканальную структуру нитей, полученную за счет использования профилированных фильер на стадии их производства), Cool Black (обладают уникальной способностью практически полностью поглощать видимую часть солнечного света), полые нити Thermo, микрофиламентные полиэфирные нити «Micro» SOFT TENDER для получения мягкости и натуралоподобности изделий, высокопрочные полиэфирные нити тонких титров, блестящие полиэфирные нити профилированные трилобал (Bright), нити полиэфирные пневмотекстурированные меланжированные (Country) [1].

На кафедре «Технологии текстильных материалов» проводятся исследования по разработке текстильных материалов с использованием нитей Cool Black и Thermo. Одним из направлений исследований является разработка трикотажных слоистых структур в многослойном пакете для обувных материалов и одежды специального назначения с терморегулирующими свойствами. Нити Thermo с полым сечением обладают более низкой теплопроводностью, т. к. их внутренняя полость заполнена воздухом, и имеют меньший удельный вес по сравнению со стандартными нитями на 25 %...30 %, обеспечивают быстрое высыхание материала и высокие прочностные показатели в сравнении с натуральными волокнами. Материал, изготовленный из нитей Cool Black, может отражать инфракрасное излучение от тела человека, в зимних условиях будет возвращать ему радиационную составляющую теплопотерь: лучи с длиной волны в диапазоне от 650 до 2500 нм, т. е. имеет место эффект. Разработка трикотажных полотен с применением перечисленных функциональных нитей соответствует приоритетным направлениям перспективных научных исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОАО «СветлогорскХимволокно» // Функциональные полиэфирные нити [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sohim.by/produktsiya/poliefirnye-niti/funktsionalnye/>. – Дата доступа: 10.09.2022.

УДК 546.621:669.715:621.385.833

ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДА ДИФРАКЦИИ
ОБРАТНО РАССЕЯННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРЫ
БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШИХ ФОЛЬГ СПЛАВОВ Al–Mg-СИСТЕМЫ

И. А. СТОЛЯР

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

В настоящее время растровая электронная микроскопия (РЭМ) позволяет изучать микроструктуру алюминиевых сплавов на микронном и субмикронном уровнях. Дифракция обратно рассеянных электронов (ДОЭ) требует использования EBSD-детектора как дополнительного оборудования к РЭМ. Для характеристики микроструктуры образцов методом ДОЭ получают ориентационные или фазовые карты для изучения рекристаллизации, фазовых превращений, коррозии и т. д.

В связи с интенсивным развитием наукоемких отраслей ядерной энергетики, электроники, автомобильной и авиационной промышленности в Республике Беларусь и за рубежом активно проводится поиск ресурсосберегающих технологий синтеза сплавов и оптимальных режимов упрочняющей термообработки для увеличения потенциальных возможностей сплавов Al–Mg-системы. Перспективное направление исследований заключается в улучшении свойств промышленных сплавов путем модифицирования их структуры и фазового состава сверхбыстрой закалкой из расплава (СБЗР) с последующей термической обработкой. Однако на данный момент возможности модифицирования структурно-фазового состояния и свойств Al–Mg-сплавов за счет СБЗР мало изучены. Анализ оригинальных результатов, полученных для быстрозатвердевших фольг Al–Mg–Cu и Al–Mg–Li-сплавов [1], демонстрирует, что ДОЭ-карты микроструктуры и спектры разориентировок границ зерен позволяют изучить закономерности формирования зеренной микроструктуры материалов, полученных в неравновесных условиях. Актуально продолжение исследований рекристаллизации и роста зерен в отожженных фольгах методом ДОЭ с целью улучшения физико-механических свойств БЗ-сплавов, включая их коррозионную стойкость.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Столяр, И. А. Применение метода дифракции отраженных электронов для проведения микроструктурного анализа быстрозатвердевшего сплава Al–Mg–Li–Sc–Zr / И. А. Столяр, И. И. Ташлыкова-Бушкевич // Быстрозакаленные материалы и покрытия: материалы XVIII Междунар. науч.-техн. конф. – Москва : Пробел-2000, 2021. – С. 48–53.

УДК 67.02

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Д. Ю. ЧАЙКА

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

Детали и изделия из полимерных материалов в настоящее время пользуются стабильно высоким спросом во всех областях пищевой промышленности. Этому способствуют такие свойства материала, как прочность, устойчивость к высокому или низкому температурному режиму. Данный материал позволяет не изменять органолептические свойства продукта, не токсичен, обладает устойчивостью к повышенной влажности и т. д. [1, 2].

Деталь «Валик» (рис. 1), разработанная для отсадочной машины для мягких сыров, выполнена из полимерного материала фторопласт-4. Выбор данного полимера обусловлен его высокой коррозионной стойкостью и антиадгезионными свойствами, что позволяет придать правильную и гладкую форму продукту на выходе.

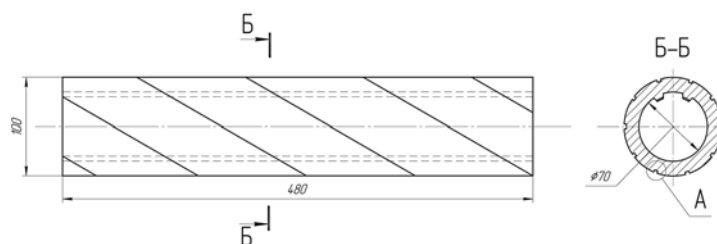


Рис. 1. Деталь «Валик»

Фторопласт-4 представляет собой порошкообразную сухую смесь. Изготовление заготовок из него для дальнейшей обработки производят экструзионным методом либо методом прессования. При выходе в обоих случаях заготовку подвергают термической обработке при температуре 360 °С...370 °С.

Основным методом изготовления деталей из полимеров является механическая обработка заготовок. Материал легко поддается всем видам механической обработки: точению, фрезерованию, сверлению, строганию, пиленю, штамповке. Таким образом, детали из полимеров, в частности из фторопласта-4, являются отличной альтернативой металлическим за счет физико-химических свойств и способов их изготовления и обработки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликова, М. Г. Моделирование технологического оборудования в пищевой промышленности / М. Г. Куликова, Л. В. Кончина // Естественные и технические науки. – 2017. – № 5 (107). – С. 126–127.
2. Аксенова, О. И. Обоснование технологических решений при производстве продуктов питания повышенной биологической ценности / О. И. Аксенова, М. Г. Куликова // Агропродовольственная экономика. – 2017. – № 6. – С. 40–48.

УДК 669.018

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ
НА ОАО «МОГИЛЕВСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД»

А. Г. ЧЕРНЯКОВ

Научный руководитель К. А. ТОКМЕНИНОВ, канд. техн. наук, доц.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В работе проведено технико-экономическое обоснование результативности внедрения на предприятии ОАО «Могилевский металлургический завод» инновационной технологии изготовления полимерно-песчаных люков с армированием рубленым стекловолокном. Реализация данной разработки ориентирована на увеличение конкурентоспособности продукции.

Совсем недавно предприятие выпускало чугунные люки для смотровых колодцев, которые производились с применением технологии литья из чугуна в металлические формы.

На данный момент завод стал производить полимерно-песчаные люки. В состав материала люка входит около 70 % полимерной основы и 30 % наполнителя. В качестве основы применяется полиэтилен высокого давления или полипропилен. Наполнитель – кварцевый песок.

Полимерно-песчаные люки имеют недостаток, который выражается в меньшей прочности по сравнению с чугунными. Прочность на разрыв чугуна марок СЧ-35 до 350 МПа. В то же время прочность на разрыв полипропилена, который является основным компонентом полимерно-песчаных люков, максимально достигает лишь 40 МПа.

Для расширения областей применения полимерных люков требуется повысить их прочность без значительного повышения стоимости. Эта задача решается за счет применения армированного полимерного композиционного материала.

Для повышения прочности предлагается использование более прочной полимерной основы – эпоксидного связующего ЭД-20 и замены 50 % песчаного наполнителя на рубленое стекловолокно. При этом прочность композита возрастет до 500...600 МПа, что превзойдет прочность чугуна серого.

Важно отметить, что плотность композита почти в 4 раза меньше, чем чугуна.

Вес чугунного люка составляет 50...52 кг, а его стоимость – 190 р. Вес люка из композита – 12...13 кг, стоимость – 90 р. Таким образом, экономия на материале люка из композита по сравнению с чугунным составит 100 р.

При объеме производства 6000 люков в год экономический эффект составит 600 000 р.

Поставленная задача решена оптимальным образом.

УДК 621.74.047

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ СВОЙСТВ ПОЛЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОТЛИВОК ИЗ ЧУГУНА

Ю. Д. ЧЕРНЯКОВ

Научный руководитель А. Н. ЖИГАЛОВ, д-р техн. наук, доц.

Институт технологии металлов НАН Беларуси

Могилев, Беларусь

Полые цилиндрические заготовки из чугуна широко применяются в машиностроении для изготовления различных деталей широкой номенклатуры: гильз цилиндров, поршневых и уплотнительных колец, подшипников скольжения и т. п.

Одним из перспективных способов получения полых цилиндрических отливок является непрерывно-циклическое литье намораживанием. Применение данного метода обеспечивает направленное затвердевание, которое оказывает положительное влияние на качество и эксплуатационные характеристики полых цилиндрических заготовок из чугуна для широкого круга машиностроительных деталей.

Постоянный рост требований к качеству материалов в машиностроении требует постоянного совершенствования структуры и свойств литых изделий.

Для повышения свойств литых материалов используют различные методы воздействия как на процесс кристаллизации (вибро-, ультразвуковые, магнитоимпульсные и т. п.), так и непосредственно на структуру в литых заготовках (термическую, химико-термическую, термомеханическую обработку).

При литье намораживанием отливка из кристаллизатора извлекается при температуре около 1000 °С, что дает дополнительные возможности для воздействия и управления процессами структурообразования.

Одним из новых и недостаточно изученных методов повышения свойств является аэродинамическое звуковое упрочнение. Известно, что применительно к твердым сплавам в результате аэродинамического звукового упрочнения в структуре происходит уменьшение количества пор, измельчение карбидных фаз и их перераспределение, уменьшение дислокаций внутренней структуры за счет релаксации дефектов кристаллических решеток компонентов, входящих в сплав. Это приводит к улучшению физико-механических свойств сплавов.

В процессе предварительных исследований по определению возможности применения метода аэродинамического звукового упрочнения установлено повышение на 2 %...5 % механических свойств (прочности, твердости, ударной вязкости, прочности на излом, прочности на сжатии) чугунов в полых цилиндрических отливках, полученных методом намораживания.

Считаем, что применение аэродинамического звукового упрочнения будет способствовать улучшению физико-механических свойств полых цилиндрических отливок, полученных методом намораживания.

УДК 621.791.763.2

СИСТЕМА АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕГУЛИРОВАНИЕМ
МОЩНОСТИ В ПРОЦЕССЕ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ

Р. А. ЕРМОЛЕНКО

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

Программа запускается нажатием на двойную педаль SB1, SB2, подключенной к контактной машине, запуская при этом триггер PFI 0. При этом запускается блок цикла сварки, в котором идет отсчет времени сжатия, сварки, проковки, паузы. Управление цифровым триггером PFI 1, электроклапанами проковки и сжатия, согласование напряжения БПСН с помощью блока питания, а также угла открытия тиристоров α и для блока БУСТ2 заданием напряжения управления U_y , осуществляется блоком цикла. Блок БУСТ2 открывает тиристоры, начальный угол управления которых $\alpha_n = \alpha_{\max}$, а также подключает к сети сварочный трансформатор ТС. В процессе сварки с помощью трансформатора TV2 измеряется сетевое напряжение u_1 , а также с помощью датчиков тока и напряжения измеряется напряжение межэлектродной зоны $u_{\text{ЭЭ}}$ и сварочный ток i_2 .

Начало расчета действующих значений (RMS) параметров U_1 , $U_{\text{ЭЭ}}$, I_2 задается с помощью аналогового триггера на входе APFI 0. Далее по формуле $P_{\text{ЭЭ}} = U_{\text{ЭЭ}} I_{\text{СВ}}$ происходит расчет мощности сварки, с помощью интегрирования мощности $P_{\text{ЭЭ}}$ определяется энергия $Q_{\text{ЭЭ}}$. Для измерения ширины импульса задействован счетчик ctr1 PFI 4, на его вход поступает импульс, формируемый блоком БУСТ2 во время протекания тока, равный по времени длительности включенного состояния тиристоров λ .

Для того чтобы найти полнофазную мощность $P_{2\Pi} = P_2/k_{SA}$, необходимо произвести расчет коэффициента регулирования мощности $k_{SA} = f(\alpha_n, \cos \varphi)$, при этом определить коэффициент мощности сварочной машины $\cos \varphi = f(\alpha_n, \lambda)$, с помощью начального угла управления тиристорами $\alpha_n = \alpha_{\max}$ и длительности включенного состояния тиристоров λ .

В следующем $(n + 1)$ -м периоде коэффициент регулирования мощности определяется исходя из соотношения $k_{S_{n+1}} = P_{23\text{Ад}}/P_{2\Pi}$, где $P_{23\text{Ад}}$ равно полупериоду сетевого напряжения. Зная коэффициент $k_{S_{n+1}}$, можно определить угол управления тиристорами в $(n + 1)$ -м периоде α_{n+1} и сформировать напряжение управления U_y для блока БУСТ2 на аналоговом выходе АО 0–GND. Пересчет происходит в соответствии с заданной мощностью $P_{23\text{Ад}}$, а выключение тока – при задании нулевой мощности.

В системе программного управления происходит коррекция заданной мощности $P_{23\text{Ад}}$ на основании измеренного усилия $F_{\text{Под}}$ введением коэффициента датчика перемещения $K_{\text{ДП}}$, т. е. $P_{\text{Под}} = K_{\text{ДП}} P_{23\text{Ад}}$. На заданное значение мощности воздействует коэффициент датчика скорости $K_{\text{ДС}}$ перемещения электрода, который используется для корректировки времени нарастания мощности $t_{\text{НАР}}$ от подогрева к сварке.

УДК 621.791

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА СВАРОЧНОГО ТОКА ПРИ КОНТАКТНОЙ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКЕ

Е. Д. КУКУШКИН, П. А. РЕЕНТОВИЧ

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

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Программное обеспечение предназначено для расчета сварочного тока при контактной рельефной сварке нахлесточных соединений, необходимого для формирования сварной точки заданных геометрических размеров при получении требуемой прочности соединения.

Расчет сварочного тока осуществляется по формуле Джоуля – Ленца исходя из энергии и сопротивления межэлектродной зоны, времени сварки. Энергия межэлектродной зоны вычисляется на основе уравнения теплового баланса при контактной рельефной сварке. Исходными данными для расчета являются толщина и материал свариваемых деталей, габариты рельефа (рис. 1). При расчете энергии межэлектродной зоны учитываются зависимости энергии теплоотвода в основной металл и в металл электродов, а также зависимость диаметра ядра литой зоны и глубины проплавления от сварочного тока. Сопротивление межэлектродной зоны вычисляется на основе установленных ранее экспериментальных зависимостей от величины усилия сжатия электродов для различных толщин свариваемых деталей. Время сварки и усилие сжатия электродов определяется программой на основе исходных данных.

Исходные данные	Расчет	
Толщина заготовок 2,5-2,5 мм	Усилие сжатия электродов $F_{св}$, кН 7,935	Энергия теплоотвода в основной металл $Q_{п}$, Дж 1720,21
Материал свариваемых деталей Сталь 40	Сопротивление межэлектродной зоны $R_{ээ}$, мкОм 120,004	Полезная энергия $Q_{п}$, Дж 11711,3
Габариты рельефа, мм 12x1,5	Диаметр ядра литой зоны $d_{я}$, мм 9,05268	Энергия теплоотвода в материал электродов $Q_{э}$, Дж 7607,22
	Глубина проплавления $h_{пр}$, мм 3,926	Энергия межэлектродной зоны $Q_{ээ}$, Дж 21320,3
		Сварочный ток $I_{св}$, кА 15,078

Рис. 1. Лицевое окно программы

Программное обеспечение реализовано в среде графического программирования NI LabVIEW. Расчет ведется в режиме реального времени. На основе полученного значения сварочного тока формируется напряжение задания для системы управления машиной контактной сварки.

УДК 621.791.763.2

ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРЕБЫВАНИЯ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ДУПЛЕКСНОЙ СТАЛИ

Н. М. ЛЮБАНЕЦ¹

Научный руководитель А. О. КОРОТЕЕВ², канд. техн. наук, доц.

¹ОАО «ПРОМТЕХМОНТАЖ»

Минск, Беларусь

²Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В настоящее время дуплексные стали используются в различных отраслях промышленности. Эти стали часто заменяют собой аустенитные, особенно там, где требуется высокая прочность и стойкость к коррозии. Тем не менее стоит учитывать, что верхняя граница применения аустенитно-ферритных сталей ограничена + 280 °С, что связано с образованием различных фаз при пребывании в областях повышенных температур.

На основании анализа результатов исследований в данной области можно выделить следующие фазы, значительно влияющие на свойства дуплексных сталей:

– альфа-фаза. Охрупчивает сталь при нагреве до температуры 475 °С и выдержке в течение нескольких минут;

– сигма-фаза. При температурах выше температуры образования альфа-фазы начинается образование интерметаллидных фаз. Наиболее важной является сигма-фаза. Образование начинается примерно при 570 °С. Наиболее ускоряется при 800 °С...850 °С. В зависимости от химического состава интерметаллидные фазы растворяются при температурах более 1000 °С;

– вторичный аустенит. Образуется в результате повторных воздействий термических циклов при многопроходной сварке. Повышает пластичность.

Дуплексные стали обладают более высокой коррозионной стойкостью и прочностью по сравнению с аустенитными, однако, как упоминалось выше, область их применения при повышенных температурах ограничена + 280 °С.

Стоит отметить, что исследования в области влияния различных фаз на свойства сварных соединений из дуплексных сталей носят весьма обрывочный характер. Для определения степени влияния времени пребывания при повышенных температурах на структуру и свойства сварных соединений из дуплексной стали выполняется сварка ряда образцов. Далее проводится выдержка данных образцов при повышенных температурах в течение заданных интервалов времени. После этого планируется проведение следующих испытаний: определение твердости, статическое растяжение, статический изгиб, ударный изгиб, стойкость к МКК, исследование микроструктуры. Завершение данного исследования позволит судить о степени влияния времени пребывания при повышенных температурах на структуру и свойства сварных соединений из дуплексной стали, а также даст почву для проведения дальнейших исследований в данном направлении.

УДК 621.791.763.2

ДУГОВАЯ НАПЛАВКА ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТЫХ
ПРИСАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

К. Н. СЕРДЮКОВА

Научный руководитель А. О. КОРОТЕЕВ, канд. техн. наук, доц.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Проведены экспериментальные исследования по определению возможности эффективного использования проволоки 65Г, 3К7 по ГОСТ 9389–75 в качестве присадочного материала для дуговой наплавки неплавящимся вольфрамовым электродом в среде аргона с целью получения твердых износостойких поверхностей деталей машин. В результате проведенных экспериментов установлено, что при использовании проволоки 65Г в качестве присадочного материала процесс наплавки проходит нестабильно, наблюдается закипание сварочной ванны и образование пористой рыхлой поверхности. По-видимому, это обусловлено недостатком легирующих компонентов в химическом составе проволоки.

Проведена экспериментальная наплавка проволокой 3К7. При использовании данной проволоки в качестве присадочного материала процесс наплавки протекал стабильно, закипание сварочной ванны не фиксировалось, что дало возможность получать многослойные износостойкие покрытия.

По результатам эксперимента проведен сравнительный спектральный оптико-эмиссионный анализ химического состава присадочных проволок и наплавленного слоя. Установлено, что основным отличием двух указанных материалов является содержание Si. Так, в проволоке 65Г содержалось до 0,15 % Si, а в проволоке 3К7 содержание Si достигало 0,7 %.

Таким образом, по результатам проведенных экспериментов было выдвинуто предположение, что применение проволок, легированных Si в количестве до 2 %, позволит эффективно получать износостойкие покрытия. В качестве присадочных материалов в этом случае предлагается использовать кремнийсодержащие проволоки 60С2 или 60С2А. Данное покрытие позволит проводить термообработку перед механической обработкой для снижения твердости и улучшения обрабатываемости, а затем произвести термообработку для придания эксплуатационных характеристик изделиям деталей машин. Также рассматриваемую технологию предположительно можно эффективно использовать для восстановительного ремонта.

УДК 621.791.763.2

К ВОПРОСУ О НЕСПЛАВЛЕНИЯХ ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ
В ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЯХ НА ОСНОВЕ АРГОНА

Е. А. ФЕТИСОВА, А. А. КОРОТЕЕВА

Научный руководитель А. О. КОРОТЕЕВ, канд. техн. наук, доц.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Дуговая сварка в среде защитных газов является наиболее распространенным и динамично развивающимся способом на предприятиях машиностроительной отрасли Республики Беларусь. В качестве защитной газовой среды все чаще применяются смеси на основе аргона ($\text{Ar} + \text{CO}_2$). Сварка в среде углекислого газа на сегодняшний день уже не в состоянии обеспечить требуемый уровень эксплуатационных характеристик сварного соединения, особенно в случае использования современных материалов со сложными системами комплексного упрочнения и термомеханической обработкой в состоянии поставки листового проката. В то же время с целью упрощения технологической документации при переходе на использование таких газовых сред сохраняются значения параметров режима и сварочные материалы, обеспечивающие эффективное протекание процесса сварки в среде CO_2 . Зачастую это приводит к возникновению характерных проблем, связанных с особенностями формирования сварного шва. Наиболее актуальной среди них является появление несплавлений между отдельными валиками и по кромке основного металла сварного соединения. Дефект является весьма опасным, т. к. практически не выявляется неразрушающими методами контроля. Ранее нами рассматривались некоторые вопросы, связанные с межваликовыми несплавлениями, обусловленными металлургическими особенностями взаимодействия металла с выделяющимися продуктами реакций раскисления при наложении последующих слоев многопроходного соединения в условиях недостаточной зачистки поверхности шва. Вместе с тем, большой статистический материал, собранный при аттестации технологических процессов сварки и сварщиков на крупнейших предприятиях Республики Беларусь, показал, что повышение качества зачистки между отдельными проходами при сварке также не решает указанную проблему. Важно отметить, что такая ситуация наблюдается в подавляющем большинстве на предприятиях, которые долгое время использовали сварку в среде CO_2 и сохранили документацию, общие подходы, подготовку деталей под сварку, технику сварки и сварочные материалы при замене защитного газа.

На основании проведенных экспериментальных исследований установлено, что наиболее вероятной причиной появления рассматриваемого дефекта являются два фактора: сохранение разделок кромок с малым углом скоса, применяемых для сварки в среде CO_2 согласно действующим стандартам, и невозможность снижения коэффициента формы шва ниже 3...3,5 (рис. 1) при сварке в смеси $\text{Ar} + \text{CO}_2$. Это приводит к тому, что шов при относительно

невысоком значении проплавления основного металла в центральной части по оси валика имеет достаточно большую ширину. Боковые части поперечного сечения валика имеют крайне низкую глубину проплавления. В условиях разделки кромок с малым углом скоса это неизбежно приводит к натеканию расплавленного присадочного металла на кромки без их расплавления. Таким образом, отсутствует взаимное расплавление материала, что приводит к созданию условий, препятствующих протеканию основных стадий образования сварного соединения и формированию общих химических связей. Кроме того, наличие окисных пленок и других загрязнений на кромке в этом случае приводит к образованию барьеров для объемного взаимодействия, что неизбежно приводит к возникновению рассматриваемого дефекта.

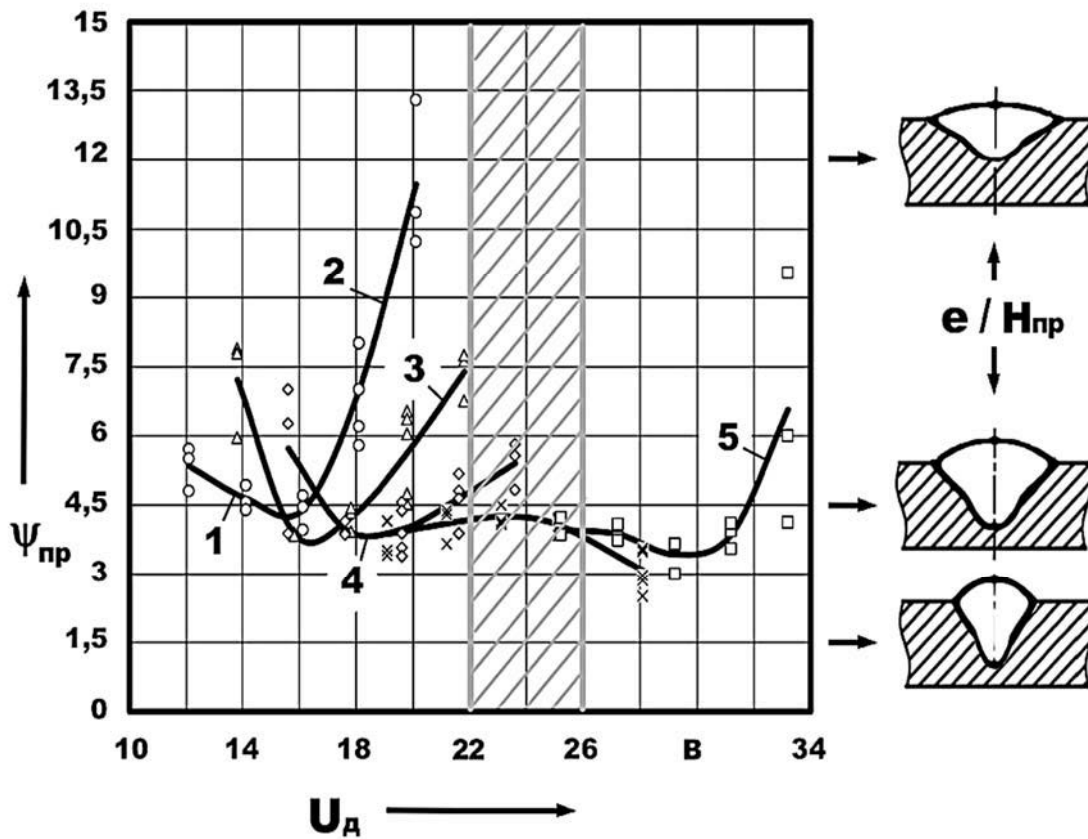


Рис. 1. Коэффициент формы шва при сварке в среде защитных газовых смесей на основе аргона (82 % Ar + 18 % CO₂)

В работе приведены результаты исследования возможностей управления формой проплавления путем регулирования напряжения на дуге, а также особенности сварки с использованием соотношений между значениями параметров режима с отклонениями от наиболее эффективных. Установлено, что сварка в среде Ar + CO₂ обладает в таких условиях большей чувствительностью к отклонениям напряжения, что приводит к резкому росту коэффициента потерь в 1,5–2 раза.

УДК 621.791.763

УСТАНОВКА ДЛЯ СМЕШИВАНИЯ ТРЕХКОМПОНЕНТНОЙ ЗАЩИТНОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЫ ПРИ СВАРКЕ

Е. А. ФЕТИСОВА, Н. А. ШУКАН, А. А. КОРОТЕЕВА

Научный руководитель А. О. КОРОТЕЕВ, канд. техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В качестве защитной газовой атмосферы при сварке используют как однокомпонентные активные и инертные газы, так и газовые смеси на их основе. В настоящее время для получения защитной газовой атмосферы из нескольких газов и в требуемом процентном соотношении используют газовые смесители.

Авторами проводятся исследования, направленные на изучение процессов дуговой сварки с модификацией защитной газовой атмосферы Ar (82 %) + CO_2 (18 %) галоидным соединением SF_6 в диапазоне концентраций 0,5 %...5 %. Существующие в настоящее время смесители не позволяют контролировать с высокой точностью количество вводимого газообразного SF_6 в состав защитной атмосферы менее 1 %. Кроме того, большинство газовых смесителей разработаны для получения в основном только двухкомпонентной защитной среды $\text{Ar} + \text{CO}_2$.

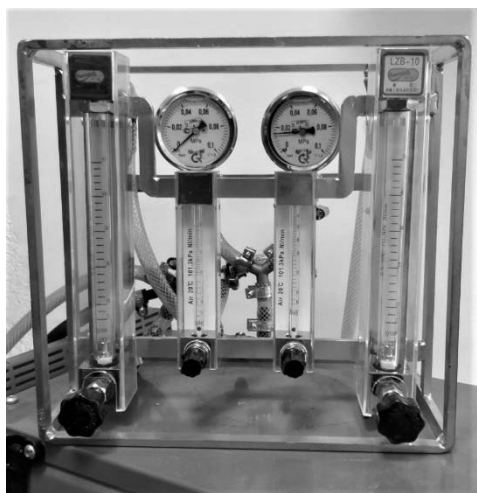


Рис. 1. Установка для смешивания трехкомпонентной защитной газовой среды

шланги с помощью редуктора. Имеющиеся на разработанной установке манометры контролируют входное давление смеси $\text{Ar} + \text{CO}_2$ и SF_6 для получения корректных показаний на установленных ротаметрах с целью получения дальнейшего обеспечения требуемого процентного соотношения защитной газовой среды.

Преимущества данной установки заключаются в высокой точности дозирования газов и возможности их введения в количестве от 0,1 %, возможности применения более трех различных газовых компонентов в составе защитной атмосферы.

Была разработана установка для получения трехкомпонентной защитной газовой атмосферы, которая представлена на рис. 1. Данная установка позволяет получить требуемый состав защитной атмосферы, а также необходимое процентное соотношение газов, путем последовательного смешивания. Необходимая защитная смесь $\text{Ar} + \text{CO}_2$ обеспечивается при помощи смесителя, подключенного к баллонам с аргоном и углекислым газом. Расход защитной газовой смеси регулируется через смеситель, а контроль производится с помощью поплавкового ротаметра LZB-10. Баллон с гексафторидом серы SF_6 подключается к ротаметру LZB-3 через проводящие газ

УДК 621.791.763.2

ОСОБЕННОСТИ АДДИТИВНОГО СИНТЕЗА ИЗДЕЛИЙ С КОНТРОЛЕМ ТЕПЛОВЛОЖЕНИЯ В ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Н. М. ШУКАН, Е. А. ФЕТИСОВА, А. А. КОРОТЕЕВА

Научный руководитель А. О. КОРОТЕЕВ, канд. техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В настоящее время аддитивные методы производства находят все более широкое применение в промышленности. Если ранее такой подход по ряду причин экономически целесообразно было применять в высокотехнологичных отраслях авиационной и космической промышленности, то по мере решения основных технологических проблем их все более активно внедряют на предприятиях самого различного профиля.

Аддитивные технологии сильно отличаются по производительности. Лидером по многим параметрам является метод дуговой послойной наплавки (WAAM) с использованием плавящейся присадочной проволоки. Однако несмотря на очевидные преимущества, изделия, полученные таким способом, требуют последующей механической обработки. Во многом это происходит в силу того, что классические методы расчета и подбора значений параметров режима предназначены в первую очередь для сварных соединений и не учитывают особенностей накопления, распределения и отвода тепла при постепенном выращивании детали. В связи с этим наплавка производится при значительно завышенных значениях тепловложения, что приводит к существенным отклонениям геометрических параметров заготовки от заданных значений. Основным минусом такого подхода является не только существенное повышение затрат на механическую обработку, но и абсолютно непредсказуемое распределение механических и эксплуатационных свойств по объему готового изделия.

В работе приводятся результаты экспериментальных исследований по аддитивному синтезу изделий из алюминиевых сплавов (Al-Mg, Al-Si), высоколегированных аустенитных сталей и низкоуглеродистых, низколегированных материалов. Определен основной технологический параметр, который позволил существенно снизить отклонения от заданных геометрических размеров до долей миллиметра, которые приходится в основном на характерную шероховатость поверхности. Сущность принципа заключается в достижении конкретного изменения температуры изделия в процессе наплавки на каждом слое, достигаемого посредством контроля ввода тепла в изделие. Численное количество тепловложения и значения температур определяются исходя из условий получения необходимого уровня механических свойств в границах установленной геометрии получаемого изделия.

УДК 621.791.763.2

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ КОНТАКТНОЙ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ
АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ

Д. Н. ЮМАНОВ

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

В настоящее время применение алюминия и алюминиевых сплавов представляет интерес для предприятий в производстве сварных конструкций и узлов в области авиастроения, электротехники и машиностроения. Контактная рельефная сварка алюминия и его сплавов применяется достаточно редко в связи с немалыми трудностями, возникающими при сварке. Это связано с рядом проблем, которые наблюдаются при сварке этих конструкционных материалов, а именно: наличия оксидной пленки на поверхности свариваемых деталей, которая препятствует прохождению сварочного тока и повышает контактное сопротивление; теплопроводность и теплоемкость алюминия и его сплавов, которые предполагают дополнительные корректировки величины сварочного тока $I_{св}$. Одной из самых острых проблем контактной рельефной сварки алюминия и его сплавов является то, что при приложении усилия сжатия электродов $F_{св}$ происходит резкое смятие рельефа на поверхности свариваемых деталей в связи с высокой пластичностью этого материала.

Проведены экспериментальные исследования по определению параметров режима контактной рельефной сварки алюминия и алюминиевых сплавов с целью получения качественного соединения. Экспериментальная установка представляет собой машину для контактной сварки МТ-3201 и датчики для регистрации величины сварочного тока и напряжения, величины перемещения верхнего подвижного электрода контактной сварочной машины в процессе сварки. Из-за невозможности применения выштампованных рельефов на поверхности свариваемых деталей в связи с их преждевременным деформированием предлагается использовать вставку-концентратор между деталями.

Определено влияние усилия сжатия $F_{св}$ и сварочного тока $I_{св}$ на образование сварного соединения. При усилии сжатия более 2 кН наблюдается снижение тепловыделения в зонах контакта, что приводит к отсутствию литой структуры и непровару. Снижение усилия сжатия электродов ниже 2 кН приводит к значительному перегреву и прожогу сварного соединения, сильному выплеску и загрязнению алюминием контактной поверхности электродов сварочной машины. Уменьшение тока ниже значения $I_{св} = 26$ кА приводит к непровару сварного соединения. В первые полупериоды сетевого напряжения наблюдается скачок мощности до 25 кВ, который затем снижается до 19...20 кВ. Перемещение верхнего подвижного электрода вначале происходит скачкообразно до значения $h_{эл} = 0,2$ мм, конечное перемещение электрода составляет $h_{эл} = 0,3...0,5$ мм. Таким образом, установлено влияние параметров режима сварки на формирование соединений из алюминия и алюминиевых сплавов.

УДК 621.791.763.2

О СПЕЦИФИКЕ СПОСОБА КОНТАКТНОЙ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ С КОРРЕКЦИЕЙ МОЩНОСТИ

Д. Н. ЮМАНОВ, А. О. СЕРГЕЙЧИК

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

Особенностью термомодеформационного цикла контактной рельефной сварки является кратковременная осадка рельефа сварного соединения, поэтому оптимизация ввода электрической энергии в межэлектродную зону должна протекать за счет использования обратных связей, которые позволяют эффективно регулировать и оптимизировать параметры сварки. В качестве таких параметров целесообразно использовать перемещение подвижного электрода и усилие сжатия, а также мощность при сварке. Однако реализация регулирующей аппаратуры процессом сварки по этим обратным связям представляет трудность, т. к. необходимо обеспечить управление процессом в ходе его протекания в режиме реального времени.

Предложена аппаратная реализация системы коррекции мощности теплового вложения в зону сварки с обратными связями по характеристикам перемещения подвижного электрода и усилия сжатия. Разработана экспериментальная установка путем интеграции тиристорного регулятора мощности ТРМ-1М в контактную сварочную машину серии МТ-3201, который позволяет обеспечить необходимое быстродействие системы управления процессом.

Предложен способ адаптивного управления процессом контактной рельефной сварки с коррекцией мощности, суть которого заключается в регистрации значения перемещения подвижного электрода $h_{эл}$ на разных этапах сварки и определении по нему величины зазора между деталями $h_з$, а также текущей высоты рельефа $h_р$. В системе управления происходит замер усилия сжатия при подогреве $F_{под}$, на основании которого изменяется заданная мощность путем введения коэффициента пропорциональности. После чего происходит формирование управляющего воздействия по мощности P , вводимой в межэлектродную зону в каждом полупериоде сетевого напряжения.

По результатам проведенных исследований сформулирован принцип, который описывает условие оптимального протекания процесса контактной рельефной сварки: зазор между деталями $h_з$, который равен сумме высоты рельефа $h_р$ и теплового расширения деталей в процессе сварки, должен быть больше минимально допустимой величины $h_{зmin}$ для исключения контакта деталей по большой площади.

Таким образом, на основании проведенных исследований предложен способ регулирования параметров контактной рельефной сварки с коррекцией мощности за счет использования обратных связей по характеристикам перемещения верхнего подвижного электрода на разных этапах протекания процесса.

УДК 629.926

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
ВОЛНОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

М. С. КУЗЬМЕНКОВА, Ю. М. ХАРИТОНОВ

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

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Одним из направлений для решения проблем при работе с неоднородными и сложными по составу материалами повышенной влажности может быть использование технологических аппаратов адаптивного действия, основанных на новых конструктивных исполнениях рабочего оборудования [1].

Концепция оборудования основана на использовании рабочих камер технологических аппаратов, выполненных в виде кинематически деформируемых волновых гибких сплошных, перфорированных или составных оболочек, внутренние поверхности или элементы которых способны воздействовать на перерабатываемую среду с максимальной адаптивностью при проведении процессов измельчения, смешивания и разделения материалов по крупности.

Для правильного выбора кинематической схемы методами анализа, структуры и кинематических связей в механизмах и приведенных к условиям работы технологических агрегатах выполнен анализ вариантов движения гибких волновых рабочих органов, которые в значительной степени определяют технологические возможности создаваемого оборудования. В качестве основных критериев были выбраны характеристики деформации волновой рабочей камеры и возможность при этом создавать условия, при которых обеспечивается максимальная технологическая эффективность при реализации различных процессов [2].

С целью определения общих технических параметров аппарата для разработки технического предложения и эскизного проекта выполнен обобщенный приближенный расчет.

Следующий этап разработки – решение задач нелинейной механики гибких волновых оболочек с нагружением их неравномерно прикладываемыми знакопеременными динамическими нагрузками и создаваемыми при этом инерционными силами кусков обрабатываемого материала и элементов рабочего оборудования, а также выбор материалов и технологий для изготовления рабочего оборудования в целом и отдельных его элементов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологические аппараты адаптивного действия / Л. А. Сиваченко [и др.]. – Минск: БГУ, 2008. – 375 с.
2. **Кожевников, С. Н.** Механизмы: справочное пособие / С. Н. Кожевников, Я. Н. Есипенко, Я. Н. Раскин; под ред. С. Н. Кожевникова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1976. – 784 с.

УДК 621.926

ОСНОВЫ КИНЕМАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА МОЛОТКОВЫХ ДРОБИЛОК

Н. В. КУРОЧКИН, Н. С. БУКАРЬ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В кинематическом расчете молотковой дробилки наиболее важным параметром является линейная скорость ударных элементов, при достижении которой происходит разрушение измельчаемого материала. Основными критериями, от которых будет зависеть необходимая линейная скорость, являются размер и предел прочности исходных частицы материала.

Исходя из условия разрушения ударная сила P_y должна быть равна силе P_p разрушения материала:

$$P_y = P_p. \quad (1)$$

Сила разрушения, выраженная через ударный импульс,

$$P_p = \frac{2 \cdot I_y}{t_y}. \quad (2)$$

Выразим ударный импульс через скорость ударного элемента и массу частицы материала:

$$I_y = k_m \cdot m \cdot v \cdot (1 + k_g), \quad (3)$$

где k_m – коэффициент активной массы, представляющий собой отношение массы скалываемой частицы куска к его полной массе; k_g – коэффициент восстановления; m – масса дробимого куска; v – линейная скорость ударных элементов.

Сила удара, необходимая для разрушения материала,

$$P_y = S_k \cdot \sigma, \quad (4)$$

где S_k – площадь контакта ударного элемента с измельчаемой частицей; σ – предел прочности измельчаемого материала.

Подставив в формулу (1) выражения (2)–(4), получим зависимость линейной скорости ударных элементов от массы, размера и прочности измельчаемого материала:

$$v = \frac{S_k \cdot \sigma}{2k_m \cdot m \cdot (1 + k_g) \cdot t_y}. \quad (5)$$

Таким образом, благодаря полученному выражению, определив необходимую линейную скорость ударных элементов, обеспечивающую разрушение материала, в дальнейшем можно подобрать геометрические мощностные параметры молотковой дробилки под конкретные физико-механические характеристики обрабатываемого материала.

УДК 66-963

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВАННЫ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПАСТЕРИЗАЦИИ

Ю. А. ПЛЮСНИНА

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

Ванна длительной пастеризации – тепловое оборудование, применяемое при производстве сыров. В данном аппарате происходит сквашивание молока под действием сычужного фермента и бактериальных заквасок. Оборудование также может использоваться в других видах промышленности со схожими технологическими процессами [1].

В работе рассматривается возможность применения рамной мешалки для лучшего обмена тепла в процессе обработки продукта путем проектирования рамной мешалки (рис. 1) исходя из форм резервуара и свойств перерабатываемой продукции.

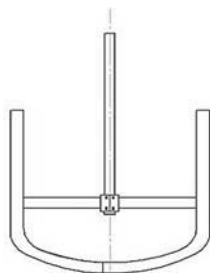


Рис. 1. Рамная мешалка

Преимущества использования рамной мешалки:

- возможна быстрая и легкая установка, безопасна в эксплуатации, проста в техническом обслуживании и ремонте;
- способствует однородному перемешиванию сырья по всему объему резервуара;
- пригодна для размешивания низковязких жидкостей в емкостях, получающих тепло через рубашку аппарата;
- позволяет очистить стенки, а также днище оборудования от осевших продуктов перемешивания. Таким образом, за счет своей конструкции рамная мешалка обеспечивает эффективное перемешивание продукта, ускорение химических и физических реакций и предотвращение налипания осадка на дно и стенки резервуара.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

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

УДК 665.66.061.353

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ, ОБРАЗОВАННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИЙНЫХ ПРОЛИВОВ НЕФТИ

Н. М. ТИЩЕНКОВ

Научный руководитель Л. А. ТИМОШЕНКО

Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

в г. Смоленске

Смоленск, Россия

Аварийные проливы нефти на водную поверхность наносят непоправимый вред окружающей среде. Для сокращения негативного воздействия на природу необходимо в кратчайшие сроки ликвидировать пролив, а для возмещения экономических потерь переработать собранную водонефтяную эмульсию, в состав которой входят нефть, вода и твердые включения (табл. 1) [1].

Табл. 1. Соотношение компонентов нефтешламов

Компонент	Состав водонефтяной эмульсии, %
Твердые включения	2
Нефтепродукт	53
Вода	45

Устройство, позволяющее очистить водонефтяную смесь от твердых компонентов, представлено на рис. 1.

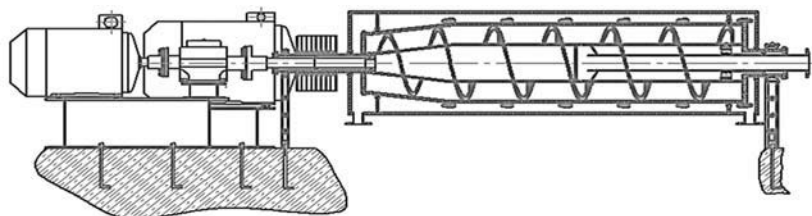


Рис. 1. Декантерная центрифуга

Принцип работы заключается в удалении мелких твердых частиц за счет воздействия на них центробежной силы. Через входную трубу смесь попадает в ротор и заполняет его, механические частицы прижимаются к стенкам ротора и выталкиваются из отверстия через специальные отверстия с помощью шнека, а жидкая фракция удаляется из противоположной части через отверстия в крышке, соединенной с ротором.

Данная установка позволяет быстро очистить смесь и делает ее пригодной для дальнейшего разделения на нефть и воду.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Analysis of oil sludge and selection of solvents for the extraction method of petroleum products recovery / YE. S. Panova [et al.] // Bulletin of the Karaganda university. Chemistry series. – 2018. – P. 75–80.

УДК 621.926.6

ОСНОВЫ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПНЕВМОСМЕСИТЕЛЯ

О. М. ШЕМЕТОВА

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

При разработке и проектировании оборудования для смешения основными исходными данными для подбора смесителя являются производительность, качество готового продукта (однородность) и мощность [1, 2].

Зная производительность пневмосмесителя со спиральной энергонесущей трубкой, можно определить необходимый объем загрузки пневматического смесителя.

Для этого используем следующую формулу:

$$Q_{\text{см}} = Q_{\text{в}} \cdot V \cdot t, \quad (1)$$

где $Q_{\text{в}}$ – расход воздуха, потребляемый для смешения, м³/ч; V – объем цилиндрической камеры смесителя, м³; t – время смешения, с.

$$Q_{\text{в}} = 3600 \cdot F \cdot v_{\text{воз}}, \quad (2)$$

где F – сечение воздуховода, м²; $v_{\text{воз}}$ – скорость подаваемого воздуха, м/с.

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot h, \quad (3)$$

где R – радиус цилиндрической камеры, мм; h – высота цилиндрической камеры.

Потребляемую мощность пневмосмесителя определяем по формуле

$$N_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot V \cdot n, \quad (4)$$

где $P_{\text{см}}$ – давление в камере смешения, Па; V – объем цилиндрической камеры смесителя, м³; n – частота вращения вала электродвигателя компрессора, 1/с.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Денисов, Г. А. Производство и использование сухих строительных смесей / Г. А. Денисов // Сухие строительные смеси. – 2011. – С. 14–18.
2. Шеметова, О. М. Сухие строительные смеси и смесительное оборудование для их производства / О. М. Шеметова, Ю. М. Фадин // Вестн. Белгород. гос. технолог. ун-та им. В. Г. Шухова. – 2020. – № 12. – С. 145–150.

УДК 629.3.01

СОЗДАНИЕ КВАДРОЦИКЛА МОТОЦИКЛЕТНОЙ ПОСАДКИ НА ОСНОВЕ ТРУБЧАТЫХ ПРОФИЛЕЙ НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ

Н. В. ДАЛИДА

Научный руководитель Н. М. ФИЛЬКИН, д-р техн. наук, проф.
Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова
Ижевск, Россия

Разработка и создание квадроцикла на базе рамы (несущей системы) из трубчатых профилей определяется компоновкой узлов и агрегатов по критериям эффективной посадки водителя и пассажиров с размещением поворотного узла, багажного отсека или модуля, расположения двигателя и подвесок при ограничениях на габаритные размеры квадроцикла. Моделирование мотоциклетной посадки водителя определяется на основании компоновки условных посадочных точек (точка удержания руля, точка опоры во время сидения и точка опоры на подножку), называемых посадочным треугольником. Требование к координатам посадочных точек – обеспечение эргономичных компоновочных решений.

Конструкция трубчатой рамы должна учитывать дальнейшее совершенствование квадроцикла и создание на ее основе различных моделей мотоцикла, трицикла, багги и самого квадроцикла с минимальными вложениями финансовых средств для обеспечения длительной конкурентоспособности на рынке. Такой подход важен для обеспечения эффективного выпуска машин малой мощности различного потребительского значения с учетом потребностей потребителя (покупателя) и цены продаж.

Моральная актуальность разрабатываемой рамы из трубчатых профилей на протяжении длительного времени оценивается критериями:

- стоимость рамы, определяемая количеством условно больших, средних и малых деталей в сборке (ранжирование по типу – оригинальные, стандартные и покупные, а также по материалу);
- количество вариантов (моделей) планируемой модернизации изделия;
- унификация деталей по выпускаемым моделям;
- трудоемкость при получении деталей (комплексная технологичность);
- материалоемкость, обеспечивающая заданные требования по прочности и жесткости конструкции.

Разработанные методические подходы для создания рамы квадроцикла с учетом вышеизложенных критериев позволили разработать эргономичные компоновочные решения, обеспечивающие требования по прочности и жесткости конструкции рамы путем оптимального распределения весовых нагрузок по длине квадрицикла, а также обоснования типа, размеров и материала трубчатого профиля. Принятые конструктивные решения рамы учитывают технологичность сборки и наиболее рациональное количество деталей и сборочных операций. При этом обеспечена рациональная доступность обслуживания и ремонта исполнительных узлов квадроцикла.

УДК 629.34

ОРГАНИЗАЦИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В Г. ВОЛОГДА С ВНЕДРЕНИЕМ ИТС

И. А. ИЛЬИНА, П. И. СМИРНОВ

Вологодский государственный университет

Вологда, Россия

В данный момент интеллектуальная транспортная система (ИТС) г. Вологды находится в стадии реализации.

Выполнен ряд действий, направленных на повышение безопасности на дорогах. Например, выделены деньги на установку умных пешеходных переходов.

В результате проведенной работы можно сделать вывод о том, что в г. Вологда использование интеллектуальных транспортных систем необходимо и важно. ИТС – это целый комплекс скоординированного движения транспортного потока, который позволяет безопасно и комфортно осуществлять движение на дорогах в городских агломерациях и не только. Также ИТС дает возможность сбалансировать как автомобильный транспорт, так и пешеходов. Внедрение данных технологий позволяет существенно уменьшить расход топлива при движении в городском режиме движения транспортных средств [1, 2].

Безопасность дорожного движения зависит в первую очередь от качества организации дорожного движения. Необходимо постоянно следить за дорожной ситуацией, оптимизировать и корректировать её в соответствии с изменениями условий и потребностей населения. В связи с растущей мобильностью граждан уменьшение перевозок общественным транспортом и рост использования личного автомобиля по улично-дорожной сети, не рассчитанной на современный большой транспортный поток, еще больше усугубляет ситуацию, особенно в более крупных городах России.

В процессе координирования движения транспортных потоков решается ряд задач:

- 1) повышение безопасности дорожного движения;
- 2) повышение скорости транспортных потоков;
- 3) увеличение пропускной способности дорожной сети;
- 4) уменьшение воздействия токсичных веществ на окружающую среду.

И как итог – это положительная адаптация населения к внедрению ИТС на дорогах города.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Смирнов, П. И.** Метод определения расхода топлива автомобилей на основе анализа телематических данных / П. И. Смирнов // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2018. – № 7. – С. 69–75.

2. **Смирнов, П. И.** Использование телематических данных от коммерческих автомобилей для снижения величины удельных затрат на топливо / П. И. Смирнов, А. П. Тимофеев, Ф. А. Новокшанов // АГЗК + АТ. – 2018. – № 10. – С. 453–461.

УДК 629.113

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ТОРМОЖЕНИЯ СЕДЕЛЬНОГО АВТОПОЕЗДА

Е. А. МОИСЕЕВ, С. Ю. БИЛЫК, О. А. ПОНОМАРЕВА

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Безопасность движения тягача с полуприцепом в составе автопоезда зависит от его курсовой устойчивости в процессе торможения. Наибольшую опасность для устойчивости движения тягача с полуприцепом представляют ударные нагрузки, возникающие в сцепном устройстве и воздействующие на узел сочленения. Воздействие нагрузки от полуприцепа на шкворневое соединение в процессе торможения в транспортном режиме способно приводить к возникновению скручивающего момента относительно точки сочленения тягача с полуприцепом, что в итоге приводит к складыванию автопоезда. Набегание полуприцепа на автопоезд происходит из-за разницы в скорости срабатывания тормозных механизмов автомобиля и прицепного состава. Для предотвращения подобных ситуаций в режиме торможения многие производители оснащают выпускаемые транспортные средства регуляторами тормозных сил, что предписывается Правилom № 13 ЕЭК ООН и ГОСТ 4364–67.

Из-за повышенных нагрузок на тормозные механизмы на осях прицепного состава происходит ускоренный износ фрикционных накладок, увеличение зазоров и рабочих перемещений деталей в рабочих механизмах, что приводит к снижению эффективности торможения.

Для повышения эффективности торможения автопоезда была разработана конструкция пневматического тормозного механизма с фрикционными накладками кольцевой формы, что позволяет снизить нагрузки в области прижатия накладок за счет увеличения площади прижатия и колодок с закрепленными на них фрикционными накладками. Форма рабочей камеры тормозного механизма обеспечивает высокую скорость наполнения до развития максимального давления, оказываемого на тормозную колодку, что обеспечивает высокую скорость перемещения и значительное снижение времени срабатывания тормозных механизмов на осях полуприцепа. Повышение эффективности работы тормозной системы полуприцепа позволяет повысить курсовую устойчивость автопоезда, снизив ударную нагрузку на шкворневое соединение.

УДК 629.113

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ
ИНФОРМАЦИИ САБ МОТОЦИКЛА
НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ

М. Л. ПЕТРЕНКО, С. Ю. БИЛЫК, В. И. ВАГУРО

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

Современные системы активной безопасности мотоциклов направлены на повышение безопасности движения. Развитие САБ мотоцикла выявило потребность в применении в качестве источников информации в алгоритме управления силовые факторы, возникающие в пятне контакта колеса с опорной поверхностью. Алгоритм управления САБ на основе анализа силовых факторов применяет первую производную от величины фактически реализуемого тормозного момента, нормальных сил и боковых реакций в пятне контакта колеса с опорной поверхностью.

Мотоцикл имеет небольшую раму, к которой прикреплены все основные узлы и агрегаты, что затрудняет расположение дополнительных деталей и датчиков. Элементы подвески и места крепления узлов мотоцикла не допускают возникновения люфтов. В процессе движения многие элементы воспринимают динамические нагрузки, способные привести к повреждению размещенных на них измерительных устройств.

К источникам информации о силовых факторах предъявляются повышенные требования в отношении достоверности получаемой информации для обработки, способа передачи данных, надежности закрепления и устойчивости измерительного устройства к испытываемым нагрузкам.

Совершенствование и развитие современных методов передачи данных по скоростным информационным шинам позволяет обеспечить высокую стабильность и скорость. Появляется возможность применять в системе безопасности беспроводные датчики передачи информации. Применение беспроводных датчиков позволяет расположить их на подвижных частях, внутри колеса на оси вращения. Расположение датчиков измерения величин силовых факторов, возникающих в пятне контакта колеса с опорной поверхностью, на элементах, непосредственно воспринимающих воздействие, обеспечивает снижение потерь сигнала и повышение достоверности измеряемых физических величин. Исключаются из цепочки измерения передаточные звенья, сопряженных с источником информации и измерительным устройством через подвижные соединения, в которых возникают помехи и дополнительные возмущения от посторонних нагрузок.

Использование современных высокоскоростных беспроводных систем для проведения измерения величин силовых факторов в системах, устанавливаемых на мотоцикл, позволяет повысить информативность получаемых данных.

УДК 504

О НЕОБХОДИМОСТИ ПОИСКА НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПОКРЫШЕК

А. А. САРАНЦЕВА

Научный руководитель Е. Н. КУЗИН, канд. техн. наук, доц.
Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
Москва, Россия

Динамичный рост автомобильной промышленности приводит к росту объемов накопления использованных покрышек. Данный отход относится к 4-му классу опасности отходов и подлежит обязательной утилизации. Смесь синтетических каучуков, сажи, полимерных смол и другие вещества способны попадать в водоемы под действием атмосферных осадков и негативно влиять на состояние отдельных биоценозов. Не менее актуальным является реализация концепции Zero Waste, что переводит покрышки в разряд ценного вторичного сырья.

В ходе переработки отработанных покрышек в качестве побочных продуктов образуются технический углерод, печное топливо, металлокорд и резиновая крошка, которые могут быть использованы для производства субпродуктов и снизить объемы потребления новых нефтепродуктов.

В настоящее время реализуются два основных метода переработки отработанных покрышек: физический и химический [1].

Химический (термохимический) метод переработки заключается в сжигании или высокотемпературной обработке отходов (пиролизе). Однако данный метод не получил широкого распространения ввиду высокой энергоемкости процесса и значительного негативного воздействия на окружающую среду. В продуктах термической переработки обнаружены такие вещества, как стирол, фуран, свинец и сернистая кислота, относящиеся к 1-му или 2-му классам опасности (детерминированные канцерогенные и тератогенные эффекты).

Физический метод переработки встречается значительно чаще хорошо проработанного экологического аспекта. Процесс переработки включает измельчение отходов для получения резиновой крошки и дальнейшего ее использования в качестве сырья для изготовления разного рода резинотехнических изделий, таких как шланги, подошвы для обуви и многое другое. Однако в процессе дробления и измельчения покрышек происходит образование мелкодисперсной пыли, которая содержит опасные ароматические соединения, обладающие ярко выраженными канцерогенными свойствами.

Из вышепредставленной информации можно сделать вывод, что разработанные в настоящее время методы переработки покрышек не соответствуют высоким стандартам экологической безопасности, а значит, становится необходимым разработка комплексной (физико-химической) технологии с получением более востребованных и дорогостоящих продуктов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mode of access: <https://petromaxi.com/>. – Date of access: 25.08.2022.

УДК 629.113

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ АКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МОТОЦИКЛА

А. В. ЮШКЕВИЧ, М. Л. ПЕТРЕНКО

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

С каждым днем двухколесные транспортные средства все больше и больше набирают популярность, т. к. имеют большое число преимуществ по сравнению с другими транспортными средствами: малые габаритные размеры, низкий расход топлива, низкая стоимость технического обслуживания и ремонта, высокая маневренность. В совокупности мотоцикл – это не только отличное средство передвижения, которое помогает преодолевать дорожные пробки, но и прекрасный способ для поездок на работу, комфортных длительных путешествий.

Почти все алгоритмы управления антиблокировочной системы (АБС) и противобуксовочной системы (ПБС) используют источники первичной информации – кинематические параметры вращения колес. Главная сложность реализации алгоритмов, используемых системами активной безопасности (САБ) мотоциклов, связана с вычислением линейной скорости движения остова мотоцикла, которая практически во всех алгоритмах рассчитывается путем усреднения угловых скоростей колес мотоцикла. Такой способ определения скорости приводит к ступенчатому управлению изменением давления в тормозном приводе мотоцикла, что вызывает относительно небольшие, но ощутимые запаздывания срабатывания системы и возможность некорректного срабатывания системы в сложных дорожных условиях, в качестве которых может служить спуск или подъем по криволинейной траектории движения. Также совершенствование алгоритмов АБС, использующих кинематические параметры, осуществляется путем повышения информативности посредством включения дополнительных датчиков кинематических параметров, что, в свою очередь, приводит к усложнению алгоритмов и, соответственно, удорожанию системы регулирования.

Эффективность функционирования САБ транспортных средств можно повысить путем использования высокоинформативных источников первичной информации, позволяющих автоматической системе самоадаптироваться в изменяющихся условиях сцепления колеса с опорной поверхностью. Такими источниками информации являются силовые факторы в контакте колеса с опорной поверхностью.

Как известно, целью АБС является минимизация периодов скольжения контактов колес, при которых происходит диссипация кинетической энергии при торможении мотоцикла в контакте тормозящих колес с опорной поверхностью, при этом команды от электронного блока управления выполняют модуляторы, которые работают с частотой от 4 до 17 Гц. Например, если рассмотреть процесс однократного экстренного торможения мотоцикла длительностью 5 с, то за это время модулятор в среднем сработает 5–6 раз, т. е. блок управления системы каждый раз исходя из нового значения линейной скорости движения остова мотоцикла сгенерирует управляющий сигнал на модулятор, и в итоге получим в среднем 5–6 периодов торможения, при которых происходит диссипация кинетической энергии, а это один цикл за 0,83 с, причем не следует забывать про инертность системы в целом, что, в свою очередь, может увеличить время цикла до 1,2 с. Исходя из этого получаем, что АБС недостаточно эффективно минимизирует периоды скольжения контактов колес, при которых происходит диссипация кинетической энергии, всего лишь из-за незначительных просчетов в линейной скорости остова мотоцикла.

В ходе работы были рассмотрены САБ, функционирующие на основе алгоритмов управления, использующих в качестве источников информации о величине крутящего момента, формируемого на ведущем колесе мотоцикла, кинематические параметры и регулирующих его путем управления системами двигателя и тормозной системой.

В результате анализа алгоритмов управления выявили потребность в разработке алгоритмов управления противобуксовочной системы, которые действуют на основе первичных факторов, возникающих в пятне контакта колеса с опорной поверхностью. В качестве таких источников приняты фактически реализуемый тяговый момент и величина боковых сил в пятне контакта колеса с опорной поверхностью.

Для решения задачи, направленной на повышение эффективности диссипации кинетической энергии, наряду с минимальными периодами скольжения контактов колес, была создана САБ, функционирующая на основе алгоритма, реализуемого на источниках первичной информации, в качестве которых выступают силовые факторы. Созданная САБ действует на основе алгоритма управления от величины фактически реализуемого тормозного момента на колесе в пятне контакта с опорной поверхностью.

Для эффективной работы предложенного алгоритма управления АБС были выявлены методы измерения значений величины фактически реализуемого крутящего момента на колесе в пятне контакта с опорной поверхностью и боковых сил.

УДК 621.9

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КЛИМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
АВТОТРАНСПОРТА ЗА СЧЕТ УЧЕТА РЕЖИМОВ
И УСЛОВИЙ ДВИЖЕНИЯ

Ю. И. ЯРЫШЕВА

Научный руководитель Р. Р. КАЛИМУЛЛИН

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А. Н. Туполева – КАИ
Казань, Россия

Задаваемый температурный режим в салоне автомобиля используется для расчета производительности системы отопления. Режим работы климатической системы определяется балансом между количеством теплоты, поступающим в салон, и количеством теплоты, отводимым из него. В общем случае тепловой баланс климатической системы состоит, с одной стороны, из Q_o (производительность системы отопления), $Q_{л}$ (тепловыделения пассажиров), Q_c (солнечное излучение), с другой стороны, из Q_k (потери через ограждающие элементы), Q_y (вентиляция).

Через многослойную плоскую стенку кузова передается тепловой поток, зависящий от разности температур и условий теплообмена (скорость и характер движения воздуха) воздуха внутри и снаружи помещения, от свойств материалов и толщины каждого слоя (особенно термоизоляционного).

Движение воздуха вдоль наружных поверхностей салона автомобиля имеет сложный характер. При движении автомобиля наблюдается неравномерное обтекание автомобиля по внешней поверхности. Детальный учет такого обтекания делает точное определение теплоотдачи α весьма сложным даже без учета режима движения. Ввиду вышесказанного для расчета усредненного коэффициента теплопередачи $k_{ср}$ предлагаются на стадии проектирования автомобиля численные расчеты. На данный момент выполняются упрощенные расчеты для оценки эффективности предлагаемого подхода. Далее после получения среднего коэффициента $K_{ср}$ его можно «защитить» в программу управления климатической системы. Оставшиеся слагаемые балансового уравнения могут быть определены относительно просто с использованием датчиков автомобиля. После того как определены все слагаемые, можно определить производительность климатической системы автомобиля.

Следует отметить также повышение актуальности предлагаемого решения для пассажирского автотранспорта ввиду больших тепловых потоков.

УДК 625

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕШЕХОДОВ НА УЛИЦАХ ГОРОДА МОГИЛЕВА

К. А. АДАМЕНКО, А. П. АВЧИННИКОВА
Научный руководитель Е. А. ШАРОЙКИНА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В работе предложено использовать более современные средства обеспечения безопасности пешеходов, такие как «зебры» со встроенной подсветкой, голографическую проекцию на переходах, 3D-разметку.

Предлагается более частое использование автономных светодиодных светофоров на солнечных батареях, а также голографической проекции, которая также будет питаться от солнечных панелей.

В исследовании проводится экономическое сравнение лежачего полицейского и 3D-разметки, а также целесообразность ее использования, ведь при торможении перед лежачим полицейским и разгоном после него выделяется намного больше вредных веществ. Примерно 15 % топлива расходуется для обеспечения движения, а 85 % – «летит на ветер». Полученные результаты показали, что использование 3D-разметки более выгодно по сравнению с обычным лежачим полицейским. Была проведена сравнительная характеристика для дороги шириной 8 м (табл. 1).

Табл. 1. Сравнение 3D-разметки и лежачих полицейских

Вид устройства	Лежачий полицейский из композита	Резиновый лежачий полицейский	Объемная 3D-разметка
Необходимое количество секций	16 шт.	16 шт.	5 линий
Срок службы	5 лет	1 год	1 год
Стоимость	3680 белорус. р.	457,6 белорус. р.	240 белорус. р.

УДК 625

ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ НА УЛИЦАХ ГОРОДА МОГИЛЕВА

К. А. АДАМЕНКО, А. П. АВЧИННИКОВА
 Научный руководитель Е. А. ШАРОЙКИНА
 Белорусско-Российский университет
 Могилев, Беларусь

В работе рассмотрены проблемы транспортных происшествий с участием пешеходов. Данная проблема имеет особое значение в последние 5–10 лет. На основании данных ГАИ было выявлено, что почти каждый третий наезд на пешеходов происходит на переходах – это остается проблемой крупных городов. Также были выявлены участки дорог, на которых часто совершаются дорожно-транспортные происшествия (рис.1) и сделаны следующие выводы.

1. Наибольшее количество ДТП – ул. Первомайская.
2. Наименьшее количество ДТП – ул. Сурганова.
3. Наиболее аварийно-опасными являются перекрестки: ул. Крупской – ул. Кирова, ул. Космонавтов – ул. Лазаренко.

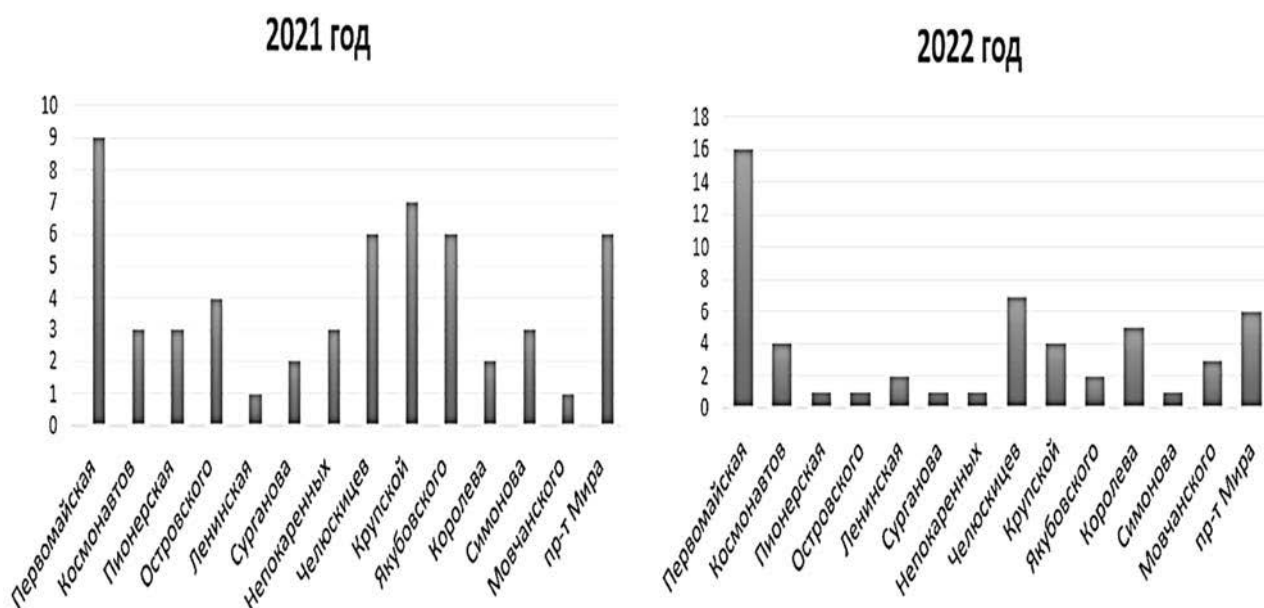


Рис. 1. График количества ДТП на улицах г. Могилева

По полученным данным были предложены следующие пути решения этой проблемы.

1. Организация пешеходного перехода (подземного или эстакады).
2. Выделение специальной полосы для движения общественного транспорта.
3. Изменение режима светофоров.

УДК 692:635.91

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВНУТРИОФИСНОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ

А. А. АЛЕКСАНДРОНЕЦ, Р. В. ТЕРЕЩЕНКО

Научный руководитель А. В. ЩУР, д-р биол. наук, доц.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В современных условиях необходимо учитывать не только функциональность помещений, но также их комфортность и эстетические характеристики. Кроме того, важно обеспечивать естественную очистку воздуха от пыли, вредных веществ и микроорганизмов [1].

Автоматизированные системы вертикального озеленения на основе гидропонии или гравикультуры позволят практически без вмешательств человека оптимизировать микроклимат помещений. В частности, они смогут регулировать содержание экотоксикантов в воздухе и снижать микробную нагрузку за счет выделения фитонцидов. Автоматизация подачи воды и питательных веществ, а также управление периодом и уровнем освещенности растений, снизит нагрузку на персонал.

Растительные системы, подобранные с учетом особенностей помещений, могут достаточно долгое время развиваться автономно при наличии допустимого количества лимитирующих факторов. К таким ограничивающим экологическим факторам относятся освещенность, фотопериод, влажность воздуха и корневого субстрата, а также диапазон допустимых в помещении температур и географическая ориентация оконных проемов, достаточное количество влаги и питательных веществ.

Считаем, что на этапе разработки строительных проектов, включив в них системы вертикального озеленения помещений, возможно оптимизировать освещенность, диапазон температур и фотопериод. Кроме того, использование указанных систем позволит улучшить микроклимат помещений, оздоровить их и повысить эстетическую привлекательность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александронец, А. А. Современные подходы к вертикальному озеленению помещений / А. А. Александронец, А. В. Щур // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2022. – С. 256–257.

УДК 691

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ВЯЖУЩЕГО МАТЕРИАЛА В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

О. Д. АНОДИНА

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

Современная технология производства строительных смесей должна обеспечивать гибкость производства, обладать высокой однородностью.

Основными этапами технологического процесса (рис. 1) являются: обработка привезенного заполнителя, создание композиционного вяжущего, изготовление сухих строительных смесей.

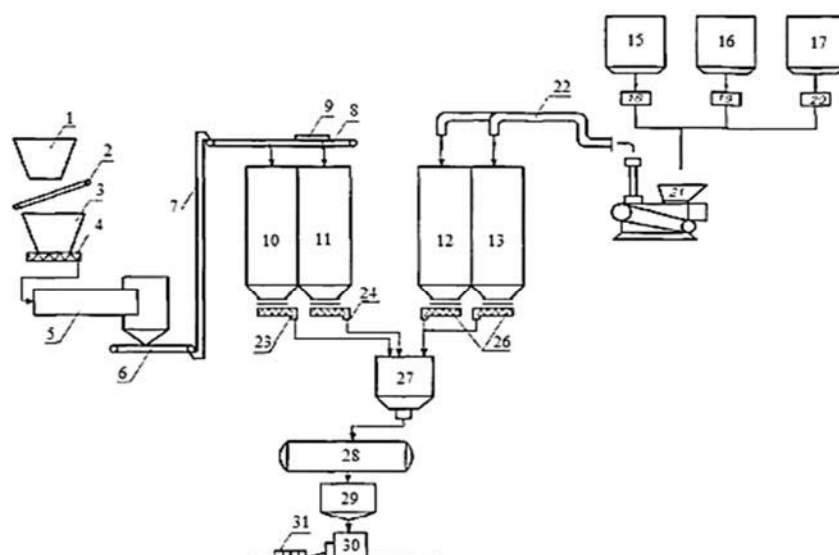


Рис. 1. Технологическая схема производства сухих строительных смесей на основе композиционных вяжущих

Заполнителем в данном технологическом процессе является речной песок. Обработка заполнителя включает в себя место складирования подготовленного песка, транспортеры, сушильный агрегат, приемный и расходный бункеры.

Технологический процесс по созданию композиционного вяжущего выполняется в закрытом помещении и разделяется на следующие процессы: одновременно из бункеров добавки цемента и минерального компонента поступают в помольную установку. Из помольной установки насосом композиционные вяжущие перекачиваются в силосы. После перемешивания в смесителе готовая смесь из смесителя попадает в бункер готовой продукции.

Таким образом, производство сухих строительных смесей на основе композиционного вяжущего может быть осуществлено по приведенной технологической схеме и являться экономически и экологически целесообразным.

УДК 69.003.13

ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ФУНДАМЕНТОВ КАК СПОСОБ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ В ЧАСТНЫХ ДОМАХ

В. П. АТРАШЕНКО, О. М. ЛОБИКОВА

Научный руководитель С. Д. ГАЛЮЖИН, канд. техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В Республике Беларусь на сегодняшний день имеется множество проблем, связанных с проектированием и эксплуатацией частных домов индивидуальными лицами. Одним из самых важных вопросов является стоимость отопления.

Согласно тарифному плану на 1 января 2022 г., стоимость тепловой энергии для нужд отопления и горячего водоснабжения, субсидируемая государством на период с 1 января по 31 мая, за 1 Гкал составляет 21,9245 белорус. р. С учетом этого тарифа стоимость отопления для двухэтажного дома площадью 130 м² составляет в среднем около 70 белорус. р., что для многих жильцов частных домов является довольно существенной статьей расходов. С учетом потерь тепла через фундамент, стоимость отопления может составить около 85 белорус. р.

Чтобы решить данную проблему, предлагается использовать энергоэффективные фундаменты, позволяющие сократить расходы собственников на отопление. Рассчитав и произведя технико-экономическую оценку нескольких вариантов конструкций фундаментов, был сделан вывод, что наиболее подходящим вариантом является возведение утепленной шведской плиты.

Данный вариант позволяет сократить стоимость на возведение за счет того, что не требуется использования дорогостоящих строительных машин, достаточно лишь бетономешалки и ручной или механизированной выработки котлована. Также за счет устройства теплого пола с теплоотражающей мембраной процент теплопотерь сокращается на 30 %...40 %. Данный факт позволяет сократить стоимость отопления. Благодаря мембране и системе «теплый пол» напольное покрытие всегда остается теплым, т. к. мембрана отражает примерно 50 % выделяемого тепла, благодаря чему нет необходимости устанавливать классическую систему отопления в виде привычных для всех радиаторов, размещаемых под окнами. Применение данного решения с отсутствием классических радиаторов дает дополнительные преимущества при проектировании гармоничного интерьера помещений и становится привлекательным для заказчиков.

УДК 69.003.13

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА
ПОКАЗАТЕЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНДАМЕНТОВ

В. П. АТРАШЕНКО, О. М. ЛОБИКОВА

Научный руководитель С. Д. ГАЛЮЖИН, канд. техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Современные методы строительства и проектирования в Республике Беларусь постоянно совершенствуются – внедряется новое программное обеспечение и информационные технологии. В данном исследовании было установлено, что современные методы решения в сфере проектирования фундаментов несовершенны. В рекомендуемых ТКП 45-5.01-254–2012* (02250) *Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения. Строительные нормы проектирования* и ТКП 45-5.01-67–2007 (02250) *Фундаменты плитные. Правила проектирования* методика расчета показателя эффективности оптимального варианта фундамента имеет существенный недостаток, а именно: не учитывает такой важный фактор, как теплопотери через фундаменты. В современных условиях игнорирование вопросов энергосбережения на любых этапах проектирования и строительства считаем недопустимым. Сохранение тепла в здании позволяет сократить затраты на отопление, а также создает благоприятный микроклимат для жизнедеятельности человека.

С целью оптимизации проектирования и повышения точности определения рационального варианта, нами была усовершенствована действующая методика и составлен алгоритм выбора оптимального варианта конструктивного решения фундаментов. Также для сокращения затрат времени на проектирование разработана и апробирована в курсовом проектировании программа Excel для проектирования фундаментов в малоэтажном домостроении.

В предлагаемом алгоритме учитывается дополнительно такой фактор, как теплопотери через 1 м^2 площади фундамента в условиях самой холодной пятидневки. При этом расчет показателя эффективности учитывает следующие факторы: себестоимость материалов, затраты труда на возведение, прочностные характеристики фундамента и его теплопотери через 1 м^2 . Разработанный алгоритм и программа позволяют учесть не только традиционные факторы, но и энергоэффективность, что, в свою очередь, дает возможность выбрать наиболее благоприятный для конкретной климатической ситуации вариант конструктивного решения, позволяет учесть требования заказчика. Применение разработанной программы, в свою очередь, дает эффект снижения затрат на проектирование при рассмотрении большого количества конструктивных решений при технико-экономическом обосновании конструктивных решений фундаментов.

УДК 69.003

ИННОВАЦИИ И БУДУЩЕЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Н. Ш. БАБАНАЗАРОВ

Туркменский государственный институт экономики и управления
Ашгабад, Туркменистан

Согласно отчету McKinsey and Co., строительная отрасль отстает от других в принятии инноваций. На самом деле менее 1 % доходов строительных компаний уходит на технологические исследования и разработки. Сравните это с 3,5 % инвестиций в инновации в автомобильной промышленности и 4,5 % в аэрокосмических компаниях.

Теперь, когда другие отрасли пережили собственные масштабные цифровые преобразования, стало ясно, что организации, первыми внедрившие новые технологии, имеют сильное конкурентное преимущество. Образ мышления меняется по мере того, как участники жизненного цикла проекта АЕС – от владельцев до операторов и всех, кто находится между ними, – начинают понимать преимущества внедрения инноваций. Это привело к позиционированию, наблюдаемому в отрасли сегодня.

Реальные вопросы, которые необходимо решить, заключаются в следующем: как существующие технологии используются по-новому, какие революционные подходы заново изобретают динамику и как мы движемся к аналитической отрасли, управляемой данными?

Чтобы систематически и беспрепятственно интегрировать инновации на строительную площадку, процесс должен начинаться как можно раньше. Конструкции становятся все более сложными и сложными в строительстве. Возможность видеть всю картину с самого начала позволяет нам внедрять более эффективные, безопасные и экономичные решения. Все участники проекта должны быть открыты для этого раннего сотрудничества.

Инвестиции в инновации имеют ключевое значение – экономия в долгосрочной перспективе более чем перевешивает эти первоначальные расходы.

В конце концов, речь идет о создании инновационной культуры.

Мы находимся на пороге новой волны инноваций. Это не должно быть радикальным прорывом, чтобы быть новаторским – даже самое маленькое правильное продвижение может иметь большое влияние. Хотя никто точно не знает, куда это нас приведет, можно с уверенностью сказать, что по мере того, как инновации продолжают разрушать нашу отрасль, прецедент будет продолжать меняться.

УДК 624.072.14

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ БАЛКОНОВ ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ ЗДАНИЙ

К. С. БИБКИНА, А. М. ГОЛУШКОВ

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

В настоящее время жилой фонд Республики Беларусь, построенный в 50–60-е гг. прошлого века, достигает состояния, требующего капитального ремонта, и зачастую необходимо восстанавливать несущую способность балконных плит. При этом возникают следующие трудности: конструкции стен возведены давно и встроить новую балконную плиту как при новом строительстве не представляется возможным; невозможно выполнить подрезку стены на всю глубину защемления плиты. Для восстановления несущей способности балконов используются различные варианты усиления и восстановления, обладающие достоинствами и недостатками.

Первый метод заключается в усилении балконных плит с помощью обвязочных балок, опертых на консоли, заделанные в стене. Достоинством этого метода является надежность, недостатками – высокая трудоемкость и материалоемкость, дополнительное нагружение участков стен, на которые опираются обвязочные балки, и увеличение веса балконной конструкции в целом.

Второй метод включает устройство нижних укрепляющих металлических кронштейнов в виде прямоугольных уголков, окаймляющих балконные плиты. Под кронштейны подводят длинные металлические анкеры, которые заводят в стену. Плюсы и минусы данного метода схожи с первым вариантом усиления.

Третий метод позволяет не только восстановить несущую способность балконных плит, но и изменить конструктивную схему балкона в лоджию, тем самым увеличить размеры этой зоны. Сущность метода состоит в устройстве собственного фундамента под металлические стойки, на которые опираются балконные плиты, при этом стойки проходят по всей высоте здания до балкона верхнего этажа. Этот метод помогает добиться существенного увеличения полезного пространства балкона и позволяет расширить его функциональные возможности, хотя и ведет к увеличению трудоемкости подготовительных работ.

Четвертый метод представляет собой легкую «этажерочную» систему, подвешенную к консольным балкам, закрепленным на уровне чердачного перекрытия. Балки выступают за уровень фасада и к ним крепится «балконная этажерка», дополнительно закрепленная на фасаде с целью исключения горизонтальных перемещений. Данный способ неосуществим при высокой этажности зданий и большой массе подвесной конструкции.

Выбор технического решения определяется достоинствами и недостатками представленных вариантов, конструктивными особенностями ремонтируемых объектов, трудозатратами, материалоемкостью и продолжительностью выполнения работ.

УДК 691.4

ИННОВАЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ш. М. ГУВАЛЫЕВ

Туркменский государственный институт экономики и управления
Ашгабад, Туркменистан

Промышленность движима инновациями. Однако производители строительных материалов сталкиваются с рядом проблем – от сбоев в цепочке поставок до новых методов производства. Основные отраслевые тенденции и новые строительные материалы, которые мы можем ожидать в ближайшие несколько лет, дают четкое представление о том, куда строительные инновации ведут промышленность строительных материалов.

С повышением общественного внимания к нашей окружающей среде резко возрастает спрос на строительные материалы, которые производятся с использованием экологически чистых технологий или которые будут более щадящими для нашей планеты.

Модульные здания на основе продуктов. По сравнению с конструкциями, построенными на месте, модульные здания становятся все более популярными из-за потенциальной экономии, которую они предлагают как владельцу, так и строителю. Поскольку процесс сборки был усовершенствован, на их возведение уходит значительно меньше времени, а возможность покупать материалы оптом снижает материальные затраты на конструкцию. По мере того как наше общество движется вперед, мы можем ожидать сильного движения к модульному строительству, а не к конструкциям, построенным на месте, для широкого круга целей.

Этот тип процесса строительства может повысить эффективность и сократить сроки проекта. В то время как отраслевые стандарты, скорее всего, станут результатом модульного строительства, персонализация и креативность не исчезнут.

Будучи переработанным полимером, полиэтилентерефталат (ПЭТ) находит все более широкое применение в бетоне и дорожном покрытии. Несмотря на то, что он включен в виде заполнителя, ПЭТ на самом деле действует как структурное соединение в бетоне, уменьшая его вес и снижая требования к структурной поддержке для заливки бетона. ПЭТ также имеет большие перспективы в виде изделий из пенопласта, таких как конструкционные панели, обладающие прочностью на сдвиг и сжатие.

С появлением новых материалов и тенденций в сфере строительных материалов и строительной промышленности необходимо быстрое и эффективное решение. Цифровые платформы дают производителям возможность более эффективно общаться со своими дистрибьюторами, подрядчиками и другими партнерами, что позволяет им лучше понимать потребности рынка, на котором находятся эти партнеры.

УДК 69.001.5

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СРЕДЫ

М. Ю. ЗАХАРОВА, Е. А. ШЛЕПНЕВА

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

В условиях непрерывного развития мира (всех отраслей деятельности людей) традиционные методы, применяемые долгое время, все чаще сменяются на более эффективные и современные. Данная необходимость обоснована появлением огромных объемов новой информации (новых целей, задач и вопросов), требующих быстрых и наиболее оптимальных решений. Использование «старых» методов становится нерациональным, существенно замедляющим процессы и увеличивающим затрачиваемые на выполнение ресурсы. В данной работе будет рассмотрен один из ключевых и наиболее востребованных методов – внедрение технологий информационного моделирования в строительную сферу. Технологии информационного моделирования являются передовыми, интенсивно используемыми в настоящее время в процессе проектирования, строительства, а также на стадии дальнейшей эксплуатации зданий и сооружений различного назначения. Свое применение данные технологии нашли на каждой стадии жизненного цикла здания/сооружения (рис. 1) [1].



Рис. 1. Использование технологий информационного моделирования на стадиях жизненного цикла строительного объекта

Итоговым продуктом, созданным при помощи инструментов информационного моделирования, является информационная модель объекта, его «цифровой двойник». Данная модель, как правило, включает в себя сведения о свойствах, характеристиках, габаритных размерах и т. п. Информационная модель – показатель проработанной информации на данный момент времени,

необходимые отобранные данные объединяют в единой информационной среде (они непосредственно взаимосвязаны между собой, активно взаимодействуют). Точность созданной модели обуславливается степенью проработки и детализации, необходимостью в этом при конкретных требованиях заказчика. Огромное преимущество информационных моделей заключается в том, что всегда есть возможность вносить в нее корректировки, обновлять при появлении каких-либо новых данных [2].

Проектирование зданий и сооружений с использованием технологий информационного моделирования можно разделить на следующие ключевые этапы, каждый из которых объединяет определенные виды работ.

Этап 1 – подготовительный.

На данном этапе выполняют следующее:

- выделяют основные цели проектирования;
- прорабатываются вопросы точности информационной модели (степень детализации);
- обговаривается выбор программного (ых) комплекса (ов), который будет использован в процессе проектирования;
- разрабатывается план реализации.

Этап 2 – основной.

Этап является наиболее масштабным из всех существующих. Перечень видов работ, выполняемых на данном этапе:

- разработка концепции проекта;
- создание материалов для визуальной презентации данного проекта;
- выбор проектного решения (утверждение всех деталей);
- выполнение расчетной части;
- проверка на коллизии (при обнаружении – их устранение);
- экспорт необходимой информации из готовой модели объекта;
- привязка информационной модели к календарному графику строительства;
- создание сметной документации по объекту.

Этап 3 – заключительный.

На данном этапе готовый продукт передается заказчику в удобных для него и утвержденных заранее форматах [3].

При проектировании с использованием современных технологий информационного моделирования решаются и упрощаются важные задачи:

- 1) реализуются проекты с подбором различных вариантов;
- 2) происходит автоматизация рутинных операций;
- 3) существенно сокращается время по внесению корректировок в документацию;
- 4) за счет визуализации происходит сокращение количества возможных ошибок [4];
- 5) осуществляется доступный процесс взаимодействия различных специалистов, что ускоряет работу над проектом;
- 6) производится проверка на коллизии ещё до начала строительства;

7) современное программное оборудование дает возможность проверить соответствие проекта актуальным нормативным документам;

8) осуществляется упрощенный процесс взаимодействия с заказчиком, экспертами, специалистами и др.

Подход к проектированию объектов с использованием средств информационного моделирования подразумевает под собой сбор, хранение, а также комплексную обработку в процессе проектирования всего объема архитектурно-конструкторской, технологической, экономической и других видов информации по зданию/сооружению, с учетом того, что этот объект строительства и все, что его окружает, выступает как единый объект, элементы которого взаимосвязаны между собой. Правильное выявление взаимосвязей, их точная классификация, продуманное и организованное структурирование, актуальность и достоверность используемых данных, удобные и эффективные средства доступа и работы с полученным объемом данных, возможность передачи этой информации или результатов ее анализа для дальнейшего использования во внешних системах являются основными составляющими, которые и характеризуют информационное моделирование [5].

Процесс внедрения технологий информационного моделирования происходит повсеместно. В строительстве данные технологии активно применяются на всех этапах жизненного цикла зданий и сооружений, в том числе и на этапе их проектирования [6]. Данный подход является современным, отличается большим количеством существенных преимуществ. За счет того, что технологии нашли отклик во многих сферах деятельности, в настоящее время проводится огромное количество разработок и исследований по данному направлению.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кузьмина, Е. В.** Анализ преимуществ информационного моделирования зданий в современном строительстве / Е. В. Кузьмина, В. Ю. Радаева // Молодой исследователь: вызовы и перспективы: материалы ССХХII Междунар. науч.-практ. конф. – Москва, 2021. – С. 97–100.

2. **Денисова, Ю. В.** Малые архитектурные формы для благоустройства городской застройки / Ю. В. Денисова // Проектирование зданий: материалы Всерос. науч.-практ. конф. по профилю. – Казань: КГАСУ, 2017. – С. 91–96.

3. **Абакумов, Р. Г.** Преимущества, инструменты и эффективность внедрения технологий информационного моделирования в строительстве / Р. Г. Абакумов, А. Е. Наумов, А. Г. Зобова // Вестн. БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2017. – № 12. – С. 233–238.

4. **Дмитрийчук, Н. М.** Проектирование городских парковых комплексов / Н. М. Дмитрийчук, Ю. В. Денисова // Вестн. БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2019. – № 6. – С. 70–77.

5. **Захарова, М. Ю.** Обзор нормативных документов по информационному моделированию в строительной отрасли РФ / М. Ю. Захарова // Нац. конф. с междунар. участием «Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова», посвящ. 300-летию Российской академии наук. – Белгород, 2022. – С. 84–89.

6. **Захарова, М. Ю.** Повышение эффективности строительного производства с помощью BIM-технологий / М. Ю. Захарова, А. С. Кучеренко // Образование. Наука. Производство: материалы XIII Междунар. молодежного форума. – Белгород, 2021. – С. 643–647.

УДК 624.151.5

ОБНАРУЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ПОСРЕДСТВОМ ГЕОРАДАРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ НА УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Д. В. ИВАНОВ

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

Необходимость проведения настоящих исследований была продиктована тем обстоятельством, что на урбанизированных территориях антропогенные отложения, как правило, включают значительное количество объектов, имеющих искусственную природу. Ввиду наличия подобных объектов при проведении георадарных исследований возникает вопрос о разработке оптимального графа обработки с последующей квалифицированной интерпретацией.

Авторами были проведены георадарные исследования на территории парка «Подниколье», который расположен на месте существовавших там ранее жилых кварталов, что достоверно подтверждается изучением планов г. Могилева XVII – нач. XX в.

Для интерпретации данных был разработан граф обработки, оптимально подходящий для интерпретации данных, полученных на урбанизированной территории [1].

Предложенный граф обработки содержит в себе следующие параметры:

- усиление сигнала до 93 дБ;
- метод вычитания среднего для 50 трасс;
- полосовой фильтр от 0,08 до 0,16 ГГц.

С помощью разработанного графа обработки проведена интерпретация полученных георадарных данных, с использованием величин диэлектрических проницаемостей [2] обнаружены и идентифицированы объекты, имеющие искусственное происхождение (фундаменты зданий, части металлических изделий).

Полученные таким образом данные позволяют в последующем выделить на изучаемой территории участки, перспективные для применения дорогостоящих и трудозатратных прямых методов археологических исследований (раскопок).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Иванов, Д. В.** Граф обработки при георадарных исследованиях антропогенных отложений на урбанизированных территориях / Д. В. Иванов, Ю. Г. Москалькова, И. В. Гомельюк // Вестн. Полоцкого гос. ун-та. Сер. Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2022. – № 8 (31). – С. 54–62.
2. **Владов, М. Л.** Введение в георадиолокацию: учебное пособие / М. Л. Владов, А. В. Старовойтов. – Москва: МГУ, 2004. – 153 с.

УДК 69.059.2:624.014.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Л. Н. КЛЮШЕНКОВА

Научный руководитель И. С. КАЗАКОВА, канд. техн. наук, доц.
Вологодский государственный университет
Вологда, Россия

Работа направлена на реализацию постановления Правительства Вологодской области от 22 апреля 2019 г. № 387 «О государственной программе «Развитие физической культуры и спорта в Вологодской области на 2021–2025 годы», в котором поставлена задача развития инфраструктуры физической культуры и спорта, в том числе для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов. Поставленные задачи решались при реконструкции существующего стадиона «Витязь» в г. Вологде.

В ходе реконструкции стадиона была выполнена разработка проектных решений по модернизации вспомогательной зоны стадиона, покрытия трибун и выбор их эффективной конструкции. При модернизации вспомогательной зоны стадиона в надстраиваемом третьем этаже размещены комментаторская, зона для представителей средств массовой информации, зона безопасности для маломобильных групп населения, венткамера, предусмотрено устройство лестничной клетки и лифта.

При реконструкции трибун разработана защита их от атмосферных осадков и обеспечение комфорта для зрителей в любое время года.

Предложено три варианта конструкции покрытия трибун стадиона.

Первым вариантом является плоская стальная ферма с консольными свесами, сконструированная из гнутосварных квадратных профилей. По второму варианту рассматривается структурная плита покрытия, образованная из «кристаллов» типа пентаэдр. Третий вариант – плоская ферма с криволинейным верхним поясом. Покрытия сравнивались по расходу стали и трудоемкости изготовления.

В результате проведенных исследований установлено:

1) наименее материалоемким является структурное покрытие. На него расходуется на 36 % меньше стали, чем на покрытие из плоских ферм с консольными свесами и на 32 % меньше, чем на покрытие из плоских ферм с криволинейным верхним поясом;

2) трудоемкость выполнения структурного покрытия меньше на 20 % и 13 % для плоской фермы с консольными свесами и с криволинейным поясом соответственно.

УДК 697.381

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА УЧЕБНОГО КОРПУСА № 5

Н. В. КУРОЧКИН, А. Ю. БОРОДИЧ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

С целью проведения технико-экономического обоснования применения калориферной установки для отопления учебного корпуса № 5 Белорусско-Российского университета был выполнен теплотехнический расчет отапливаемых помещений корпуса.

За исходные данные расчета были приняты поэтажный план здания (рис. 1), параметры ограждающих конструкций: материалы и толщины наружных и внутренних стен, чердачных и отапливаемых помещений, климатические характеристики района, в котором расположено здание.

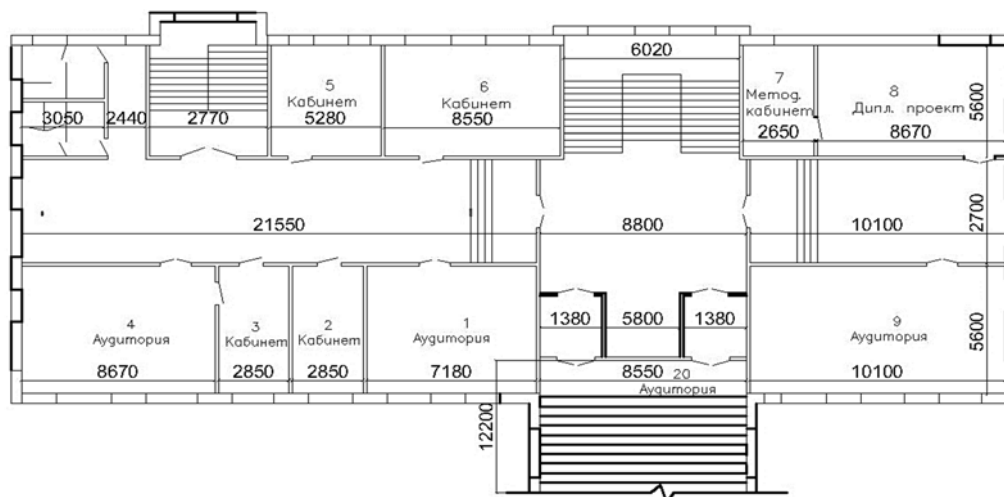


Рис. 1. План учебного корпуса № 5

В результате теплотехнического расчета получены значения сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций, по которым был произведен расчет суммарных потерь теплоты каждого отапливаемого помещения. Суммарные потери теплоты первого этажа составили 20,2 кВт, второго – 35 кВт. Значительные потери второго этажа обусловлены наличием аудитории для поточных лекций площадью 104,31 м², имеющей три наружные стены и высокую степень остекленности.

Исходя из полученных значений суммарных потерь теплоты, в качестве системы отопления корпуса предварительно принимаем водяные калориферы фирмы Nevaton: 1 этаж – NWPk 315/3 (26,27 кВт); 2 этаж – NWPk 315/3 (26,27 кВт) и NWPk 250/2 (14 кВт).

Принятое оборудование будет использовано в качестве исходных данных для расчета технико-экономического обоснования калориферной системы отопления учебного корпуса № 5.

УДК 69.059.2:726.54

ИННОВАЦИОННЫЕ СПОСОБЫ УСИЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ СРЕТЕНСКОЙ ЦЕРКВИ

Д. О. ЛУЗЯНИН

Научный руководитель И. С. КАЗАКОВА, канд. техн. наук, доц.

Вологодский государственный университет

Вологда, Россия

Одной из важных задач в настоящее время является сохранение объектов культурного наследия для будущих поколений. Разрушение существующих храмов может привести к их полной утрате, что недопустимо. С этой целью разрабатывается целый комплекс мероприятий для восстановления храмовых зданий.

В настоящем исследовании рассматривается укрепление несущих конструкций церкви Сретения в г. Великий Устюг Вологодской области.

Проектом предусмотрены работы по уплотнению грунта, осушению цоколя здания, усилению фундамента и стен.

При уплотнении грунта используются инъекторы, через которые вводится состав, повышающий плотность грунта. Осушение цоколя здания базируется на методе изменения электрических потенциалов в фундаменте и стенах здания, что способствует изменению направления движения влаги в капиллярах стен.

Усиление фундамента производится методом инъектирования. С этой целью на площади усиления сверлятся отверстия в шахматном порядке с шагом 600 мм, в них устанавливаются пакеры и под давлением нагнетается раствор. После инъектирования вдоль всего фундамента устанавливается каркас из арматуры диаметром 16 мм, который омоноличивается бетоном.

Для усиления кирпичных стен церкви используются инновационные композитные материалы в виде углеволоконных лент. Перед усилением углеволокном вдоль трещины под углом 45° сверлятся отверстия (шпуры). Отверстия расчищаются и в них устанавливаются инъекционные трубки (пакеры). Раствор нагнетается под давлением в инъекционные трубки и затем отверждается. После этого пакеры удаляются, а отверстия зачеканиваются ремонтным составом. Укрепление углеволокном производится посредством наклеивания углеродных лент на поврежденные участки стены. Концы лент закрепляются углеродными анкерами. На закрепленные ленты наносится защитный слой на эпоксидной основе. Используется два способа наклеивания лент: перпендикулярно трещинам и параллельно слоям кирпичной кладки стен. Первый вариант расположения элементов усиления получился более экономичным по сравнению со вторым на 31 %.

Использование углеволокна позволяет сохранить линейные размеры объекта при изменениях температуры, обладает коррозионной стойкостью.

УДК 691.4

ИННОВАЦИОННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ: ТРЕНДОВЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В АРХИТЕКТУРНОЙ ИНДУСТРИИ

А. И. МАТКАРИМОВ

Туркменский государственный институт экономики и управления
Ашгабад, Туркменистан

Бетон, сталь, дерево и каменная кладка входят в число различных строительных материалов, используемых в строительном бизнесе. Каждый материал имеет различные характеристики, такие как вес, прочность, долговечность и стоимость, что делает его пригодным для различных целей. Строительные материалы выбирают исходя из их стоимости и способности выдерживать нагрузки и напряжения, действующие на конструкцию. Архитекторы и строители тесно сотрудничают со своими клиентами, чтобы выбрать тип конструкции и материалы, которые будут использоваться в каждом проекте.

Бетон является важным компонентом и используется в различных жилых и коммерческих структурах. Из-за химического процесса, известного как гидратация, он затвердевает и твердеет после смешивания с водой и размешивания. Другие строительные материалы скрепляются им. Заполнитель, цемент, мелкие камни, песок, гравий и вода смешиваются, чтобы сделать этот материал, который широко используется в строительной отрасли. Все компоненты объединяются, образуя камнеподобное вещество.

Бетонная конструкция известна не только своим удивительным освещением, но и своей устойчивостью. То есть до тех пор, пока на рынке не появился полупрозрачный бетон. Это лучший инновационный строительный материал для украшения.

Жидкий гранит, по словам его изобретателя, способен полностью заменить цемент в бетоне. Жидкий гранит – это легкое несущее вещество, изготовленное из переработанных материалов, обладающее той же несущей способностью, что и цемент. Цемент и бетон оказывают негативное воздействие на окружающую среду, а это вещество – нет. Жидкий гранит содержит от 30 % до 70 % переработанного материала и потребляет около трети цемента, используемого в сборном железобетоне.

В строительном секторе отходы представляют собой огромную проблему. Согласно нескольким исследованиям, количество строительных материалов, которые попадают в скип, колеблется от 20 % до 30 %, что означает огромную экологическую и экономическую нагрузку.

УДК 691.322

ОСОБЕННОСТИ ПОРИСТЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ В КОНСТРУКЦИОННЫХ КЕРАМЗИТОБЕТОНАХ

И. И. МЕЛЬЯНЦОВА

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Заполнители конструкционного легкого бетона, составляя основную его часть, определяют сцепление растворной матрицы со своей поверхностью, что отражается на прочности бетона в целом. За счет высокого водопоглощения пористых заполнителей в легких бетонах образуется достаточно прочная контактная зона между цементным камнем и заполнителем, что позволяет получить керамзитобетон высокой прочности. Это свойство определяет экономическую и конструктивную эффективность применения конструкционного керамзитобетона в строительной индустрии Республики Беларусь ввиду снижения расходов на изготовление, транспортировку и монтаж несущих конструкций зданий и сооружений.

В то же время пористые заполнители обладают повышенной деформативностью, что сказывается и на деформативности самого керамзитобетона. Многочисленные исследования свойств пористых заполнителей выявили специфические особенности, которые нельзя не учитывать при проектировании состава легкого бетона. Так, при производстве в зернах керамзита возникают внутренние напряжения при охлаждении и фазовых переходах, которые сказываются и на структурообразовании керамзитобетона.

Деформативность заполнителей необходимо учитывать не только при затворении легкобетонной смеси, но и при периодическом влажностном воздействии, когда влага переходит из заполнителя в цементный камень, а также при обжати его твердеющей растворной матрицей. При этом после первичного насыщения водой значительная часть деформаций имеет необратимый характер. В результате обжатия керамзита, возникающие в нем упругие деформации способствуют улучшенной адгезии, а также разгрузке цементного камня от напряжений в процессе твердения керамзитобетонной смеси. Скорость нарастания прочности цементного камня, учитывая деформативные свойства керамзита, должна превышать скорость усадочных напряжений, что дает возможность получения керамзитобетонов меньшей деформативности.

Прочность же керамзитовых гранул определяется его макроструктурой, что должно учитываться при введении в состав легкого бетона керамзита различных заводов-изготовителей. При проектировании состава конструкционного керамзитобетона с заданными прочностными характеристиками необходимо учитывать в качестве синтезирующей характеристики диаграмму сжатия зерен керамзита.

УДК 691.4

ИННОВАЦИОННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

А. Х. МЯМИЕВ

Туркменский государственный институт экономики и управления
Ашгабад, Туркменистан

Мир строительства может показаться посторонним миром, в котором фундаментальные принципы, работавшие так долго, все еще продолжают функционировать без особых изменений. Здания проектируются, строятся и используются. Но очевидно, что это лишь поверхностная часть того, что происходит в увлекательном мире архитектуры и строительства, особенно когда речь идет об используемых и разрабатываемых инновационных материалах.

Мало того, что новые материалы позволяют архитекторам реализовать свои замыслы, здания создаются из материалов, разработанных для обеспечения устойчивости и долговечности, чтобы существовать в мире, где ресурсы драгоценны. Эти новые материалы делают нас смелее и изобретательнее в том, что мы проектируем, потому что они прочнее, долговечнее и гибче. Также интересно иметь возможность представить произведения искусства, которые окажутся более экологичными и все же могут улучшить жизнь тех, кто их населяет.

Конечно, технология играет большую роль в материалах, выходящих на первый план, а также в очаровании и реальности 3D-печати структур. Все эти инновации и достижения в области материаловедения существенно меняют масштабы строительства и проектирования в том виде, в каком мы их знаем. В этих отраслях изменения происходят постоянно.

Кирпичи предназначены для использования в качестве части типичной системы вентиляции здания. Специализированные кирпичи в двухслойном фасаде включают в себе внутренний слой, обеспечивающий стандартную изоляцию. Тяжелые загрязненные частицы отделяются от воздуха с помощью системы фильтрации и сбрасываются в съемный бункер, расположенный у основания стены. Эти специальные кирпичи могут работать пассивно или механически, обеспечивая лучшее качество воздуха для жителей здания, уменьшая проблемы с дыханием.

Другой фундаментальный компонент в отрасли – древесина, также может получить модернизацию с введением улучшенной древесины. Исследователи университета определили молекулярные характеристики полимера ксилана (примерно одна треть структуры древесины), что открыло новые возможности использования растений в строительных материалах. Это не только расширит возможности строительства, но и снизит затраты и предоставит больше возможностей для использования возобновляемых материалов.

УДК 625.7/.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕРАБОТАННОГО ПЛАСТИКА В КАЧЕСТВЕ
КОМПОНЕНТА ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

М. А. НИШУКОВА

Научный руководитель Е. Н. КУЗИН, канд. техн. наук, доц.
Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
Москва, Россия

В современном мире развитой промышленности и новых технологий с каждым годом все более актуальной становится проблема вторичного использования и переработки отходов. Значительную угрозу для окружающей среды представляют полимерные (пластиковые) отходы, на долю которых приходится более 20 % от общего объема твердых коммунальных отходов [1], размещаемых на полигонах.

Переработанные полимеры имеют большое значение в сфере автодорожного строительства. Их вторичное использование позволяет не только увеличить прочность и срок эксплуатации покрытий, но и снизить затраты на ремонт, а также решить проблему, связанную с захоронением/сжиганием полимерных отходов [2]. Для производства обычного асфальта используется битум, который получают из полезных ископаемых, таких как нефть или уголь. При использовании в качестве исходного сырья для процессов термообработки полимеров значительно снижается расход природных битумозных материалов [3].

Технология изготовления асфальта с использованием полимерных отходов включает в себя несколько этапов. На первом этапе отходы разных видов собирают и очищают, затем следует стадия измельчения и смешения с битумом. На последнем этапе смесь плавят при 180 °С. Температура изготовления асфальта из пластика значительно ниже температуры изготовления обычного асфальта. Таким образом, снижаются теплотери на производстве, что благоприятно сказывается на состоянии окружающей среды.

Вторичное использование пластика в сфере строительства автодорог имеет ряд преимуществ для окружающей среды: снижение объемов захораниваемых на полигонах отходов (на 1 км дороги требуется 50 т пластика) [3], сокращаются объемы потребления природных ресурсов, а также значительно сокращаются энергозатраты (генерация тепловой энергии), и, как следствие, снижается углеродный след.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Потапова, Е. В.** Проблема утилизации пластиковых отходов / Е. В. Потапова // Изв. Байкал. гос. ун-та. – 2018. – № 28. – С. 535–544.
2. **Лысянников, А. В.** Переработанный пластик в дорожном строительстве / А. В. Лысянников, Е. А. Третьякова, Н. Н. Лысянникова // Изв. Тульского гос. ун-та. Сер. Технические науки. – 2017. – № 7. – С. 105–115.
3. Дорожное покрытие из пластика / В. С. Медведев [и др.] // Проблемы науки. – 2019.

УДК 621.64

ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОЕКТОВ АЗС НА ВЕЛИЧИНУ РИСКА АВАРИИ

П. С. ОРЛОВСКИЙ¹

Научный руководитель А. П. БЫЗОВ², канд. техн. наук, доц.

¹Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Санкт-Петербург, Россия

В настоящее время растет количество техники, в результате чего возрастает оборот топлива на автозаправочных станциях (АЗС). В связи с этим увеличиваются риски возникновения взрывоопасных ситуаций на территории АЗС. Авторами проводятся исследования в области оценки риска аварии в зависимости от расположения АЗС относительно населенных пунктов и нахождения их вблизи промышленных объектов и мест массового пребывания людей.

Особенность проектирования АЗС связана с высокой взрыво- и пожароопасностью, а также с обслуживанием транспорта [1]. Для снижения уровня риска АЗС нужно располагать с подветренной стороны по отношению к зданиям и сооружениям. При планировании АЗС исключается вероятность растекания нефтепродуктов при аварии по территории станции и за её пределами. На въездах и выездах с АЗС, которые располагаются отдельно, выполняются дренажные лотки. Ограждение АЗС должно быть продуваемым и изготовлено из негорючих материалов.

Вместимость резервуаров на АЗС, которые будут располагаться на территории населенных пунктов, должна составлять не более 40 м³. В районах строительства АЗС за пределами населенных пунктов объем может возрасти до 60 м³. На АЗС с подземным расположением резервуаров разрешается строить мойки, СТО, магазины, кафе, санузлы, котельные. При наличии надземного резервуара магазин строится без торгового зала. Проект инженерных и технологических систем осуществляется с обеспечением целостности и функционирования при движении транспорта, подвижках грунта и влияния иных нагрузок.

По результатам исследований, учитывая различные требования к сооружениям, инженерно-технические решения, сценарии, и для дальнейшей оценки рисков со сравнением разного рода проектов, будут построены деревья событий и отказов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орловский, П. С. Анализ существующих норм и требований в области проектирования и эксплуатации объектов нефтепродуктообеспечения / П. С. Орловский // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2021. – С. 130.

УДК 661.842.532

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОСФОГИПСА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Ю. Д. ПЕРЕСУНЬКО

Научный руководитель С. В. АЗОПКОВ

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

Проблема накопления, хранения и утилизации отходов химической промышленности является одной из главных проблем настоящего времени и затрагивает почти все регионы нашей страны. На данный момент на территории России накоплено более 40 млрд т неутилизированных отходов и их количество ежегодно увеличивается более чем на 60 млн т. Так, например, при производстве экстракционной фосфорной кислоты, которая впоследствии используется в получении минеральных удобрений, образуется крупнотоннажный отход – фосфогипс.

Вторичное использование фосфогипса, например в строительной индустрии, ограничивается рядом следующих факторов, а именно наличие примесей свободных серной и фосфорной кислот, фтора, а также присутствие РЗЭ и изотопов радиоактивных элементов, для снижения концентрации которых требуются значительные технологические и финансовые затраты.

Одним из направлений применения фосфогипса является строительство дорожных конструкций с целью возведения нижнего слоя асфальтового покрытия. Дороги, построенные с использованием фосфогипса, не уступают по качеству дорогам с традиционным цементно-грунтовым или щебеночным основаниями.

К преимуществам дорожного покрытия из фосфогипса можно отнести:

- снижение стоимости строительства дорог за счет использования более дешевого сырья и, как следствие, экономическая выгода;
- увеличение сроков межсезонных работ вследствие увеличения срока эксплуатации готового покрытия;
- возможность образовывать монолит, который по прочности не уступает бетону;
- физико-химические свойства фосфогипса позволяют осуществлять укладку дорожного покрытия практически на любое основание.

Несмотря на вышперечисленные преимущества, данное направление не имеет широкого применения, т. к. для строительства дорожных покрытий необходимо использовать свежий фосфогипс, а отход, который находится в отвалах, является непригодным вследствие отсутствия постоянства внешних факторов (влажность, температура).

УДК 621.9

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ КОНТАКТНЫХ КАСАТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В НЕЛИНЕЙНОМ РАСЧЕТЕ БАЛОЧНОЙ ПЛИТЫ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ С НАКЛОННЫМ СЛОЕМ

А. Г. ПУСЕНКОВ

Научный руководитель О. В. КОЗУНОВА

Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Беларусь

Расчет упругого основания с наклонным слоем и балочной плиты, а также с учетом влияния касательных напряжений в общем виде является чрезвычайно сложной биконтактной задачей, решение которой возможно в нелинейной постановке при работе упругих сред в зоне небольших упругопластических деформаций, т. е. с учетом физической нелинейности [1].

Полученные результаты нелинейного расчета позволяют выполнить достоверную оценку работы конструкции по предельным состояниям эксплуатационной пригодности, дать практические рекомендации при проектировании балочных плит, контактирующих с упругим наклонным слоем основания, а также учесть влияние касательных напряжений [2].

Для решения рассматриваемой задачи используется вариационно-разностный метод (ВРМ). Решение краевой задачи строится в перемещениях и реализуется методом конечных разностей с заменой дифференциальных уравнений конечно-разностными соотношениями. При этом в решении применяется функционал полной потенциальной энергии деформаций плиты и упругого основания с наклонным слоем и учетом влияния касательных напряжений в контактной зоне.

Полная потенциальная энергия

$$\mathcal{E} = U + A + \Pi, \quad (1)$$

где U – энергия деформации плиты; A – энергия деформации упругого основания; Π – работы внешней нагрузки.

В формуле (1) вводится новое слагаемое – энергия продольных деформаций (сцепление) контактного взаимодействия балочной плиты с основанием, т. е.

$$A = U_f + U_t, \quad (2)$$

где U_f – энергия деформации упругого основания (плоская деформация); U_t – энергия продольных деформаций (сцепление).

Предлагаемая методика нелинейного расчета биконтактного взаимодействия плиты и основания с наклонным слоем и учетом касательных напряжений позволяет более полно исследовать все факторы взаимовлияния: осадки упругого основания, внутренние усилия в балочной плите, контактное взаимодействие. Результаты исследований могут быть использованы в расчетной практике проектных организаций промышленного, гражданского и транспортного строительства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по проектированию плитных фундаментов каркасных зданий и сооружений башенного типа. Разработано к СНиП II-15-74. – Москва: Стройиздат, 1984. – 265 с.
2. **Александров, А. В.** Основы теории упругости и пластичности: учебник / А. В. Александров, В. Д. Потапов. – 2-е изд., испр. – Москва: Высшая школа, 2002. – 400 с.

УДК 691.327.32

ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ КЕРАМЗИТОФИБРОБЕТОНА

В. А. РЖЕВУЦКАЯ, Ю. Г. МОСКАЛЬКОВА

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Объект исследования – керамзитобетон, армированный полипропиленовым волокном из полипропилена С₃Н₆. Цель исследования – анализ влияния содержания полипропиленовой фибры на характеристическое значение цилиндрической прочности керамзитобетона.

Следующие материалы использовались для изготовления образцов-цилиндров: портландцемент СЕМ-I 42.5 N; песок речной с модулем крупности 2,13; гравий керамзитовый фракции 4...10 мм; полипропиленовое волокно длиной 12 мм. Рассматривалось содержание полимерной фибры 1,5 %, 1 % и 0,5 % (здесь и далее – по массе от массы цемента).

Экспериментальные данные, полученные по результатам испытаний четырех серий опытных образцов, представлены на рис. 1 (подробное описание опытных серий приведено в [1]).

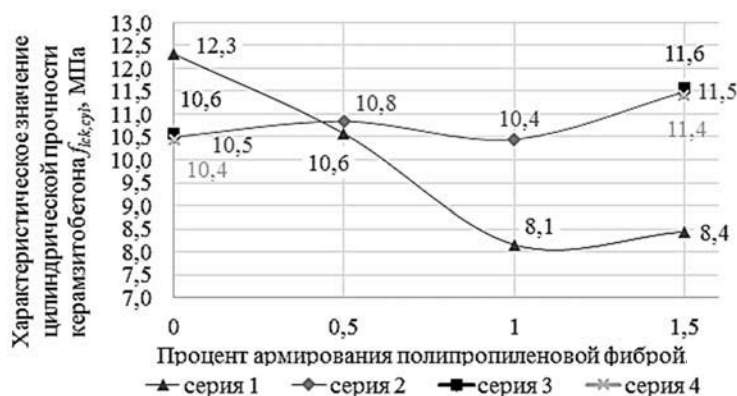


Рис. 1. Изменение характеристического значения цилиндрической прочности керамзитобетона в зависимости от процентного содержания полимерного волокна [1]

Согласно эмпирическим данным, дисперсное армирование полипропиленовой фиброй в количестве 0,5 % и 1 % не оказывает существенного влияния на цилиндрическую прочность керамзитобетона; при содержании полипропиленовой фибры 1,5 % цилиндрическая прочность керамзитобетона увеличивается более, чем на 10 % по сравнению с керамзитобетоном без дисперсного армирования (отмечен рост прочности на величину до 13 %).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Maskalkova, Y. G.** Compressive cylinder strength and deformability of expanded clay fiber-reinforced concrete with polypropylene fiber / Y. G. Maskalkova, V. A. Rzhevutskaya // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2022. – Vol. 18, iss. 2. – P. 31–42.

УДК 691.3

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ФИБРОПЕНОБЕТОНА С НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМ ВЯЖУЩИМ

М. Н. СИВАЛЬНЕВА, А. С. КАПУСТА, К. С. СИВАЛЬНЕВ, А. А. ГОЛЕЦ

Научный руководитель В. В. СТРОКОВА, д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова
Белгород, Россия

В настоящее время в РФ реализуется приоритетное направление развития науки и техники в части «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика». В связи с этим в отрасли строительства и производства строительных материалов данным вопросам уделяется особое внимание.

Одной из наиболее ресурсо- и энергоемких отраслей является цементная промышленность, характеризующаяся основными негативными факторами: значительными выбросами твердых и газообразных веществ, высокотемпературной обработкой. Для снижения этого влияния все шире используются альтернативные вяжущие и материалы с их применением. Примером являются ячеистые композиты неавтоклавного твердения, в которых наноструктурированное вяжущее (НВ) может являться как модифицирующим, так и основным вяжущим компонентом [1]. НВ представляет собой продукт механохимического синтеза в мокрой среде природного сырья силикатного и алюмосиликатного составов [2].

В работе проведено обоснование экономической эффективности использования НВ на основе кварцевого сырья в качестве вяжущего для производства неавтоклавного фибропенобетона. Рассчитана экономия материальных затрат и произведено сравнение с производством 1 м³ пенобетона (неармированного) на основе цемента плотностью 400...500 кг/м³.

На основе проведенного технико-экономического анализа выявлена рациональность производства бесцементного фибропенобетона. Экономическая эффективность обусловлена снижением энергопотребления при помоле НВ на 30 % по сравнению с таким же объемом цемента; сокращением длительности твердения до 35 %, что достигается дисперсным армированием. При этом повышается оборачиваемость форм, уменьшается процент брака за счет улучшения геометрии изделий. С технологической точки зрения производство фибропенобетона на НВ имеет преимущество за счет возможности производства вяжущего в рамках одного предприятия и применения его по себестоимости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пеногазобетон с наноструктурированным модификатором / А. В. Сумин [и др.] // Строительные материалы. – 2016. – № 1–2. – С. 70–75.
2. Сивальнева, М. Н. Эволюция бесцементных наноструктурированных вяжущих различной топогенетической принадлежности / М. Н. Сивальнева, В. В. Нелюбова, В. А. Кобзев // Строительство и техногенная безопасность. – 2019. – № 14 (66). – С. 73–83.

УДК 624.072

ИССЛЕДОВАНИЕ НДС БЕСКОНЕЧНОЙ РЕГУЛЯРНОЙ СИСТЕМЫ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

К. А. СИРОШ

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

Белорусский государственный университет транспорта

Гомель, Беларусь

В работе рассматривается напряженно-деформированное состояние (НДС) бесконечной регулярной системы железобетонных конструкций (балок и плит) на упругом основании. В качестве упругого основания принято однослойное изотропное искусственное основание как упругий слой, ограниченный по толщине и жестко соединенный с недеформируемым основанием. Расчет бесконечной регулярной системы железобетонных конструкций на упругом основании на пространственную нагрузку выполняется посредством итерационного алгоритма вариационно-разностного метода (ВРМ).

Регулярные системы железобетонных балок и плит разбиваются в силу симметрии на соединенные между собой базовые фрагменты, свободно опирающиеся на упругое основание. Поперечные сечения конструкций принимаются постоянными. Внешняя нагрузка действует перпендикулярно и симметрично плоскости осей системы конструкции [1, 2].

На границах расчетной области горизонтальные перемещения $u = 0$, $v = 0$. Равенство осадок основания прогибам лент справедливо в контактной зоне. Упругое основание аппроксимируется симметричной объемной разбивочной сеткой и заменяется расчетной областью, состоящей из ячеек и узловых точек [1]. Алгоритм приводимого решения численно реализуется при использовании программного пакета компьютерной алгебры МАТНЕМАТИСА [1].

Для жестких оснований (таких как железобетон) толщина упругого слоя не влияет на напряженно-деформированное состояние бесконечной регулярной системы железобетонных конструкций, что подтверждает гипотезы жестких оснований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Козунова, О. В.** Нелинейный расчет регулярной системы железобетонных балок на упругом основании на симметричную нагрузку / О. В. Козунова, К. А. Сирош // *Механика. Исследования и инновации: сб. науч. тр.* – Гомель: БелГУТ, 2021. – Вып. 14. – С. 97–104.
2. **Козунова, О. В.** Нелинейный расчет бесконечной регулярной системы плит на изотропном основании / О. В. Козунова, К. А. Сирош // *Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред : материалы XXVIII Междунар. симп. имени А. Г. Горшкова, Кремёнки, 16–20 мая 2022 г.* – Москва: ТРП, 2022. – С. 113–115.

УДК 537.874

ТРЕБОВАНИЯ К МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С БЕТОНАМИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ДИСТАНЦИОННОЙ РЕЗКИ

М. С. ТЕРЕХОВА¹, С. И. РУДИКОВ¹Научные руководители А. П. ШКАДАРЕВИЧ¹, д-р физ.-мат. наук, проф.,
акад. НАН Беларуси;Н. В. НАСОНОВА², д-р техн. наук, проф.¹УП «НТЦ «ЛЭМТ» БелОМО»²Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Высокая мощность и низкая расходимость лазерного излучения (ЛИ), компактность установок, относительная безопасность и экологичность эксплуатации привели к внедрению лазеров в промышленное производство. По результату воздействия выделяют две основные области применения ЛИ: резка и сверление отверстий, сварка; очищение поверхности от загрязнения, раскол камней, разрушение верхнего слоя. Одна из перспективных областей применения высокомоощных лазеров – дистанционная резка и эвакуация радиационно загрязненного слоя бетонных конструкций атомных станций.

Существует ряд работ, посвященных теме воздействия ЛИ на бетоны и цементные смеси. Однако открытым остается способ моделирования результата воздействия ЛИ в зависимости от конкретного состава материала. Целью работы является выяснение характеристик воздействия ЛИ на тяжелые бетоны. В работе использовались образцы бетона класса прочности на сжатие С12/15 кубической формы (сторона 10 см). Источником излучения являлся высокомоощный много-модовый лазер с длиной волны 1080 нм, работающий в непрерывном режиме. В результате воздействия ЛИ в образцах образуются кратеры с различным объемом и степенью остекленения (рис. 1).

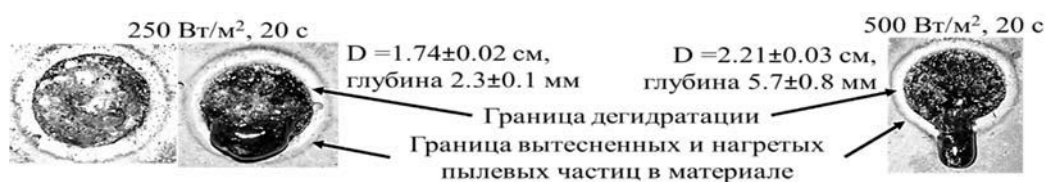


Рис. 1. Результаты исследования по воздействию ЛИ на бетон

Цвет и вид глазуковки поверхности различается и, вероятно, зависит от вида частиц, попадающих на пути распространения ЛИ. При одинаковом времени облучения и плотности мощности различен объем выброшенного из кратера материала. Для масштабирования результата воздействия на большее время облучения или на другие параметры материала, для установления механизма обработки образца необходимо моделирование процесса воздействия при определённых входных параметрах бетона. В результате работы показано, что математическая модель процесса воздействия ЛИ на бетон должна учитывать макро- и мезоструктуру бетона, соотношение объемов матрицы (растворной части) и крупного заполнителя.

УДК 621.314

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРА С ПОМОЩЬЮ ФИГУР ЛИССАЖУ

И. Л. ГРОМЫКО

Научный руководитель В. Н. ГАЛУШКО, канд. техн. наук, доц.
Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Беларусь

В публикации предлагается новый метод оценки состояния качества изоляции с помощью межобмоточных напряжений, схема измерения которых представлена на рис. 1. Измерения проводились на трансформаторе ПОБС-5АУЗ.

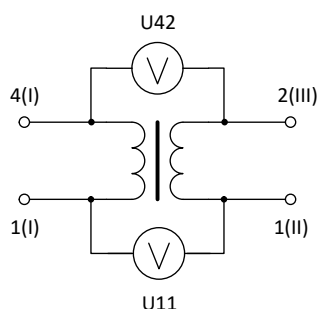


Рис. 1. Схема трансформатора ПОБС-5АУЗ с учетом межобмоточных напряжений

Для учета не только величин данных напряжений, но и их начальных фаз были построены фигуры Лиссажу для различных состояний изоляции трансформатора. Данные фигуры представлены на рис. 2.

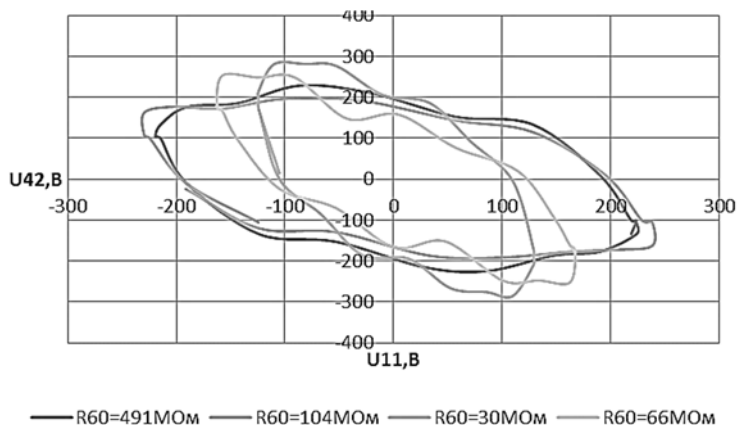


Рис. 2. Фигуры Лиссажу межобмоточных напряжений при различных состояниях изоляции трансформатора

Как видно из рис. 2, фигуры Лиссажу при нормальном состоянии трансформатора ($R_{60} \geq 100$ МОм) практически не отличаются. Фигура Лиссажу с ростом увлаженности изоляции обмоток изменяет свои размеры и наклон. При этом характер (емкостный, индуктивный или активный) и величина (коэффициент нагрузки изменялся от холостого хода до 1,2 номинальной нагрузки) нагрузки не изменяют данные фигуры.

УДК 621.321

СИСТЕМА НИЗКОВОЛЬТНОГО СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ С ВЫСОКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ, НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ

И. В. КОКОШНИКОВ

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

Светодиодные светильники и лампы являются доминирующими при создании современных систем освещения. Их достоинством по сравнению с другими источниками света является высокая энергоэффективность, выражаемая в меньшем потреблении электроэнергии при эксплуатации, лучшей светоотдаче. Однако большой срок службы светодиодных ламп, который заявляют производители, не всегда соответствует действительности.

Как показала практика, причиной преждевременного выхода из строя светодиодной лампы преимущественно является нарушение работы электрического преобразователя – драйвера, выполняющего роль выпрямителя и стабилизатора тока для светодиодов. Драйвер светодиодной лампы состоит из таких электронных компонентов, как конденсаторы, дроссели, линейные стабилизаторы, которые при некачественной сборке или неправильно рассчитанном тепловом режиме часто выходят из строя.

В качестве решения проблемы предлагается разработка системы низковольтного рабочего освещения, в которой светодиодные лампы и светильники в пределах одной линии (помещения, квартиры, дома, здания) будут запитаны пониженным постоянным напряжением от одного преобразователя вместо использования преобразователей в каждой лампе и светильнике. Данная система освещения имеет следующие преимущества:

- высокая энергоэффективность, обеспечиваемая применением одного преобразователя вместо нескольких (что приведет к снижению потерь мощности) и возможностью прямого подключения системы НСО к ВИЭ;

- высокая надежность, обеспечиваемая существенным упрощением конструкции светодиодной лампы, выносом самого ненадежного элемента (преобразователя) из лампы, снижением нагрева лампы;

- высокая безопасность эксплуатации и монтажа, обеспечиваемая применением сверхнизкого постоянного напряжения;

- комплексное снижение стоимости оборудования, материалов и монтажа.

Предлагаемая к разработке система рабочего НСО позволит полноценно и комплексно использовать основные преимущества светодиодных источников света – энергоэффективность, большой срок службы, повысить надежность и безопасность эксплуатации системы.

УДК 621.3

К ВОПРОСУ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ КОСВЕННОГО ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА ЖИДКОСТИ

Т. С. ЛАРЬКИНА

Научный руководитель В. В. ЛЬГОТЧИКОВ, д-р техн. наук, проф.

Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

в г. Смоленске

Смоленск, Россия

Индукционные установки косвенного индукционного нагрева представляют собой наукоемкие и технически сложные технологические объекты с распределенными объемными параметрами управления и распределенной функцией состояния (температурное распределение нагреваемой среды в объеме). В данном случае в отличие от систем с сосредоточенными параметрами управление объектами с распределенными объемными параметрами значительно сложнее на качественном уровне: функция состояния и управляющие воздействия находятся в зависимости от времени и пространственных координат; требуется комплексный подход с разработкой адекватной модели, алгоритмов и систем управления взаимосвязанными электромагнитными, тепловыми, а в некоторых случаях гидравлическими и механическими процессами.

В современных системах косвенного индукционного нагрева жидкости в силовой электронике в качестве ключей успешно применяются силовые биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT). Транзисторные преобразователи используются ввиду того, что у них меньше переключающих элементов, чем у тиристорных, что обеспечивает большую надежность и экономичность. Управляющая часть частотных транзисторных преобразователей функционирует на базе микропроцессов. Применение трансформаторов с высоким КПД и малой индуктивностью в сочетании с конденсаторами с низкими потерями, малыми величинами индуктивностей, расширенными на более высокую реактивную мощность, приводит к повышению диапазона рабочих частот косвенного индукционного нагрева жидкости. Задачей управления процессом косвенного индукционного нагрева жидкости является стремление к достижению величины коэффициента мощности, равной 1, функционирования источника питания, что достигается присутствием обратной связи, обеспечивающей коммутацию полупроводников при резонансной частоте. Более низкие потери и в достаточной степени высокий КПД (более 90 %) реализуются коммутацией при невысоких величинах напряжения и тока. Микропроцессорные системы управления дают возможность детерминировать с высокой точностью моменты коммутации, что повышает эффективность работы и снижает коммутационные потери, а также позволяют программировать режимы нагрева, что увеличивает функциональность ввиду наличия автоматических режимов нагрева (автоподстройки частоты, скорости и мощности).

УДК 621.315.175

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПЛАВКИ ГОЛОЛЕДНО-ИЗМОРОЗЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ВЛ 10(6) КВ

С. П. МАКСИМОВ

Научный руководитель П. А. КУЗНЕЦОВ, канд. техн. наук
Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. Гагарина
Саратов, Россия

Воздушные линии (ВЛ) электропередачи 10(6) кВ наиболее протяженные по суммарной длине в России, имеют высокий износ и число аварий. 20 % разрушений опор данных ВЛ происходит из-за высокой гололедно-ветровой нагрузки [1]. Наиболее эффективными признаны методы удаления гололедно-изморозевых отложений (ГИО) на ВЛ 10(6) кВ путем токового нагрева проводов.

Оценка существующих методов плавки ГИО на ВЛ 10(6) кВ путем нагрева проводов представлена в табл. 1.

Табл. 1. Ключевые характеристики методов плавки ГИО на ВЛ 10(6) кВ

Наименование метода	Достоинство	Недостаток
Плавка переменным током к. з.	Отсутствие спецоборудования, кроме передвижных установок	Объезд конца ВЛ и отпаек для отключения потребителей и установки (включения) заземлений
Плавка перераспределением нагрузок	Отсутствие спецоборудования, нет отключения потребителей	Объезд ВЛ для переключений, не работает в радиальных схемах на одноцепных ВЛ
Плавка наложением токов	Нет отключения потребителей	Не работает в радиальных схемах на одноцепных ВЛ, необходимо спецоборудование
Плавка постоянным током	Эффективнее, чем плавка переменным током	Требуется ВУПГ, объезд конца ВЛ и отпаек для отключения потребителей и установки (включения) заземлений

По результатам анализа определены основные критерии наиболее эффективного метода плавки ГИО на ВЛ 10(6) кВ: плавка без отключения потребителей, минимальное количество переключений на ВЛ, плавка при любых схемах ВЛ 10(6) кВ, минимальные трудозатраты. Сформулированные критерии создают предпосылки для разработки новых, более эффективных методов плавки ГИО на ВЛ 10(6) кВ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кабашов, В. Ю.** Анализ повреждаемости проводов сельских ВЛ 10(6) кВ при воздействии неблагоприятных климатических факторов / В. Ю. Кабашов // Взаимодействие науки и общества: проблемы и перспективы: материалы Междунар. науч.-практ. конф.: в 2 ч. – Уфа: АЭТЕРНА, 2015. – Ч. 2. – С. 41–42.

УДК 621.316.57

ПРИМЕНЕНИЕ АНИЗОТРОПНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОДОВ ВАКУУМНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

Ю. О. САМОФАЛОВ

Научный руководитель И. М. ВАЛЕЕВ, д-р техн. наук, проф.
Казанский государственный энергетический университет
Казань, Россия

Известно, что контактирующие электроды ВВ изготовлены из дугостойкой контактной накладкой, соединенной с выступом дискового основания, при этом выступ основания выполнен в форме объемного сегмента с высотой от 1 до 10 мм, а основание и накладку охватывает обойма, скрепляющая диск с выступом и дугостойкую контактную накладку, обеспечивая жесткость коммутирующего контакта, а отношение длины сегмента к дисковому основанию находится в пределах 0,3...0,45 мм.

В исследованиях целью являлось уменьшение поверхностной температуры подвижного и неподвижного контактов в процессах замыкания и размыкания. Для этого были использованы в качестве электродов дугостойкие накладки, выполненные из жаропрочных упрочненных сплавов на основе Mo, W, Nb. Однако ввиду сложности технологии изготовления и ряда электрических параметров наилучшие свойства показали монокристаллические электроды, в частности из меди Cu и никеля Ni, имеющие кубическую структуру. После этого был изготовлен в качестве накладки для неподвижного электрода электрод из меди с кубической структурой (выращенный из расплава методом Бриджмена) и определенным в направлении (111).

С помощью программы COMSOL Multyphysics смоделированы процессы, протекающие в вакуумной камере с применением накладок из монокристаллических электродов меди в режиме размыкания при напряжении 35 кВ. Результаты моделирования показали возможность повышения энергетических характеристик вакуумных выключателей за счет использования в качестве накладок монокристаллических электродов меди, никеля, железа.

Экспериментальные исследования доказывают, что изменение распределения электрического поля (исключение стримерной короны в плазме, создание неоднородного поля) способствует увеличению надежности и коммутационного ресурса контактной системы ВВ.

УДК 621.3

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СВАРИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

Н. А. ТОЛПЫГО, Н. К. БОБКОВ

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

Электропривод перемещения свариваемых деталей входит в состав информационно-измерительного комплекса для исследования и контроля процессов дуговой сварки. Основное назначение электропривода – перемещение свариваемых деталей с регулируемой скоростью относительно неподвижно закрепленной сварочной горелки (рис. 1).



Рис. 1. Электропривод движения свариваемых деталей: 1 – плата управления; 2 – шаговый двигатель; 3 – сварочный стол; 4 – сварочная горелка

Электропривод состоит из униполярного шагового двигателя DYNASYN 4SHG-023A 39S с током потребления 1,53 А при напряжении питания 2,3 В. В качестве драйвера двигателя используется модуль А4988, обеспечивающий управление поворотом вала двигателя с шагом $1,8^\circ$.

Разработана плата управления, на которой располагаются разъемы для подключения питания, системы управления, шагового двигателя, драйвера двигателя. Система управления электроприводом реализована на базе устройства NI-USB 6009, через цифровые выходы которого поступают сигналы запуска подачи импульсов от генератора ZK-PP2K и переключения направления вращения двигателя. Управляющая программа выполнена в среде NI LabVIEW.

В ходе экспериментальных исследований установлена зависимость скорости перемещения свариваемых деталей в интервале от 5 до 30 м/ч от частоты управляющего напряжения.

УДК 621.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ИЗМЕНЕНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

А. С. ТРЕТЬЯКОВ, О. А. КАПИТОНОВ

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

При создании бездатчиковых систем автоматизированного электропривода на базе асинхронных электродвигателей являются актуальными задачи предварительной и текущей идентификации параметров Т-образной схемы замещения электродвигателя. Наличие информации о значениях данных параметров в системе управления электроприводом дает возможность решения задачи вычисления скорости вращения вала электродвигателя без использования датчика скорости на основании данных о величине токов и напряжений на статорных обмотках электродвигателя. В ходе выполнения исследований установлено, что на точность работы наблюдателей скорости различных исследованных типов оказывает существенное влияние точность идентификации параметров схемы замещения электродвигателя. Исследовано влияние таких параметров, как сопротивление обмотки статора, сопротивление обмотки ротора, индуктивность рассеивания обмотки статора, индуктивность рассеивания обмотки ротора, индуктивность цепи намагничивания.

Установлено, что наибольшее влияние на точность вычисления скорости вращения вала оказывает точность определения величины сопротивления обмотки ротора. Задача точной идентификации величины сопротивления ротора осложняется наличием эффекта вытеснения тока в стержневой обмотке ротора, который приводит к существенному, более двух раз, изменению величины сопротивления ротора при изменении скорости вращения вала электродвигателя.

Для повышения точности работы наблюдателя скорости было предложено ввести коррекцию значения сопротивления обмотки ротора с использованием зависимости значения сопротивления от вычисляемого значения скорости. Для определения указанной зависимости проведены исследования на лабораторном стенде, включающем в себя асинхронный электродвигатель, импульсный датчик скорости, нагрузочную машину, лабораторный автотрансформатор, многоканальный осциллограф-приставку к компьютеру (блок ввода аналоговых сигналов), осуществляющую регистрацию токов и напряжений на трех фазах статорной обмотки электродвигателя. Используя данные датчика скорости, производили вычисление значения сопротивления ротора.

Получена зависимость сопротивления ротора от скорости вращения, которая была добавлена в алгоритм наблюдателя скорости. Исследования работы модифицированного таким образом наблюдателя скорости показали существенное повышение точности вычисления скорости при работе электродвигателя с высокими значениями скольжения.

УДК 621.3

УЧЕТ ПЕРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ В ТЕПЛОВЫХ НАБЛЮДАТЕЛЯХ СОСТОЯНИЯ

А. С. ТРЕТЬЯКОВ, О. А. КАПИТОНОВ

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

Наблюдатель состояния – это математическая модель, которая на основании входных сигналов и согласно закону адаптации восстанавливает форму и уровень наблюдаемого сигнала.

Для решения задач, связанных с охлаждением асинхронных электродвигателей, был выбран наблюдатель на основе MRAS-модели. Базовая модель MRAS-наблюдателя представляет собой эталонную тепловую модель асинхронного двигателя. Адаптивная модель представляет собой систему уравнений, описывающую оценку выходных сигналов. В качестве механизма адаптации выступает закон адаптации, основанный на ПИ-регуляторе. Наблюдаемый сигнал – температуры статора и ротора.

Цель таких наблюдателей состоит в том, чтобы:

– оценивать температуры статора и ротора асинхронного электродвигателя (или любого другого узла асинхронного электродвигателя в зависимости от решаемой задачи);

– при наличии независимой вентиляции асинхронного электродвигателя управлять скоростью вращения независимого вентилятора для подачи достаточного объема охлаждающей среды с целью эффективного отвода тепловых потерь;

– создавать обратные связи по теплу для активных сопротивлений статора и ротора асинхронного электродвигателя.

Исходными данными для таких наблюдателей являются тепловые потери, которые оцениваются отдельной подсистемой управления системы «преобразователь частоты – асинхронный электродвигатель», которые, в свою очередь, учитывают переменные состояния параметров схемы замещения. Начальные значения параметров схемы замещения асинхронного электродвигателя оцениваются с помощью метода предварительной идентификации. В ходе работы асинхронного электродвигателя осуществляются непрерывный контроль и корректировка вышеуказанных параметров, в том числе учитывается температура перегрева обмотки статора и ротора. На основе полученных данных оцениваются температуры статора и ротора, которые, в свою очередь, определяют скорость вращения независимого вентилятора по заранее заложенному алгоритму.

Таким образом, учет переменных параметров схемы замещения асинхронного электродвигателя позволяет получить более эффективное управление асинхронным электродвигателем с контролем его теплового состояния.

УДК 62-83

НЕЛИНЕЙНЫЙ РЕГУЛЯТОР ПОЛОЖЕНИЯ КАК СРЕДСТВО УЛУЧШЕНИЯ ТОЧНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В СЛЕДЯЩЕМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ

В. В. ФЕДОТОВ

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

Разработка электроприводов прецизионных механизмов (ЭПМ) для отработки задаваемой рабочему органу траектории со сверхвысокой точностью в динамике и статике является сложной актуальной задачей. Перед практической реализацией она требует синтеза новых структур системы автоматического регулирования (САР), как, например, в [1], и гибридного моделирования [2] ЭПМ, а также манипуляционной системы механизма. Из всего многообразия САР наиболее перспективным в настоящий момент представляется применение авторского варианта с ядром векторного управления частотно-регулируемым ЭПМ и единым П-регулятором положения и скорости (РСП) с нелинейной частью (НРСП) в его составе. В качестве электромеханического преобразователя такой системы определенными достоинствами обладает асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. Для анализа построена интерактивная компьютерная модель, одна из подмоделей которой – внешний контур положения векторной следящей САР с НРСП – показана на рис. 1.

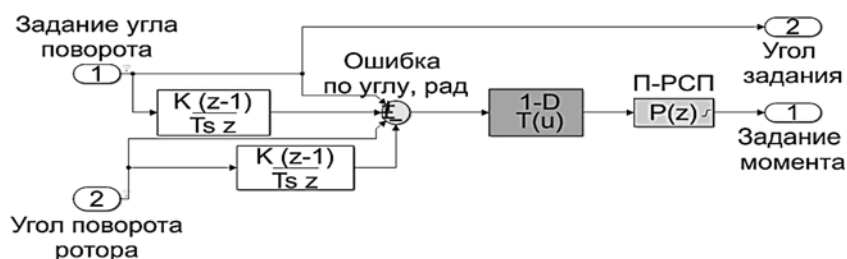


Рис. 1. Фрагмент модели следящей САР с НРСП – П-РСП и 1-D T(u)

На модели проведены компьютерные эксперименты, показывающие достижимость статической и динамической точности отработки задаваемой траектории в 5 мкм при линейном движении и $2,5 \cdot 10^{-5}$ рад – при угловом.

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

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Servo Actuators with Induction Motor using Predictive Current Control with Duty Cycle Optimization / J. Gao [et al.] // IECON Proceedings: Industrial Electronics Conference. – 2021.
2. Fedotov, V. V. Formation of a Mechanism-Adaptive Setting Trajectory for the Movement of the Characteristic Point of an Industrial Robot Gripper / V. V. Fedotov, V. V. Rozhkov. – ICIEAM, 2022. – P. 374–379.

УДК 62-83

СРЕДА SIMINTECH ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ АГЛОМЕРАЦИОННЫХ МАШИН И ЛИНЕЙНЫХ ОХЛАДИТЕЛЕЙ

В. В. ФЕДОТОВ

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

Существуют различные технологии обработки окомкованного фосфатного рудного сырья. Одна из таких технологий основа на термической обработке руды с использованием агломерационных машин. Термообработка проходит в несколько стадий, и на различных этапах используется большое количество электроприводов (ЭП), начиная от установок перегонки воздуха по закрытым каналам и заканчивая перемещением многотонных шихт от одного технологического этапа к другому. Отечественная среда компьютерного имитационного моделирования SimInTech, являющаяся аналогом MatLab, дает возможность моделировать системы управления ЭП [1]. На рис. 1 демонстрируется система управления задвижкой на основе двигателя постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов (ДПТ ПМ). Данный тип двигателя целесообразен для применения в агломерационных машинах в технологическом процессе управления задвижками регулирования вакуума или в качестве вентиляторов охлаждения агломерата в линейных охладителях [2]. Отметим, что это два принципиально разных режима работы двигателя.

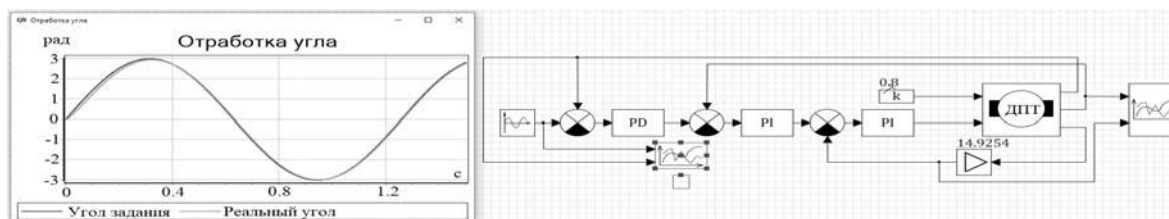


Рис. 1. Модель ДПТ ПМ и результаты моделирования

Осциллограммы (см. рис. 1) подтверждают возможность использования среды SimInTech в задачах моделирования ЭП технологических машин переработки рудного сырья, в том числе для получения оптимальных настроек регуляторов.

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

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Калачёв, Ю. Н.** SimInTech: моделирование в электроприводе / Ю. Н. Калачёв. – Москва: ДМК Пресс, 2021. – 106 с.
2. **Губанов, В. И.** Справочник рабочего-агломератчика / В. И. Губанов, А. М. Цейтлин. – Челябинск: Metallurgy, 1987. – 207 с.

УДК 636.084.1

АНАЛИЗ КОМПОНОВОЧНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ МОЛОЧНЫХ ТАКСИ

Д. В. ШНИП

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

По компоновочным решениям молочные такси бывают трехколесные и четырехколесные.

Трехколесное компоновочное решение характеризуется высокой маневренностью за счет малого радиуса разворота и ограниченной грузоподъемностью за счет наличия лишь трех точек.

Трехколесная комплектация молочных такси используется на молочно-товарных фермах (МТФ) с малым расстоянием между загонами и небольшим поголовьем крупного рогатого скота.

Четырехколесное компоновочное решение характеризуется высокой грузоподъемностью за счет наличия четырех точек опоры и большим радиусом разворота.

Трехколесная комплектация молочных такси применяется на МТФ с большим расстоянием между загонами и большим поголовьем крупного рогатого скота.

По техническим решениям молочные такси различаются в зависимости от требований, предъявляемым к их функционалу.

Основные технические решения:

- электропривод колес;
- дозация жидкой кормовой смеси (ЖКС);
- подогрев ЖКС.

Техническое решение электропривода колес характерно для наиболее дорогих моделей молочных такси, оборудованных дополнительными опциями, и моделей, рассчитанных на большой объем транспортируемой ЖКС.

Дозация ЖКС является базовым техническим решением, присущим подавляющему большинству молочных такси, представленных на рынке.

Подогрев ЖКС является самым востребованным техническим решением после электропривода колес, наиболее востребован на МТФ с большим поголовьем крупного рогатого скота.

Альтернативой технического решения подогрева ЖКС является использование молочных такси, оборудованных емкостью для транспортировки ЖКС, обладающей высокими показателями теплоизоляции.

УДК 636.084.1

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ РЫНКА МОЛОЧНЫХ ТАКСИ В СНГ С ТЯГОВЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Д. В. ШНИП

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

Как видно из анализа рынка молочных такси в СНГ, оборудованных тяговым электроприводом (рис.1), цена на молочные такси варьируется от 11000 до 14000 белорус. р. в зависимости от выбранной комплектации.

При стоимости около 14000 белорус. р. покупатель получает молочное такси, оборудованное тяговым электроприводом, системой дозации и подогрева транспортируемой жидкой кормовой смеси.

При стоимости в районе 11000 белорус. р. покупатель получает молочное такси, оборудованное системой дозации транспортируемой жидкой кормовой смеси.

На стоимость молочного такси, помимо наличия тягового электропривода, влияет также объем емкости для транспортировки жидкой кормовой смеси (ЖКС). Так, за 11000 белорус. р. при объеме емкости для ЖКС 200 л покупатель получает молочное с тяговым электроприводом и системой дозации ЖКС, в то время как при объеме емкости для транспортировки ЖКС, равном 250 л, он получает молочное такси, оборудованное только системой дозации.

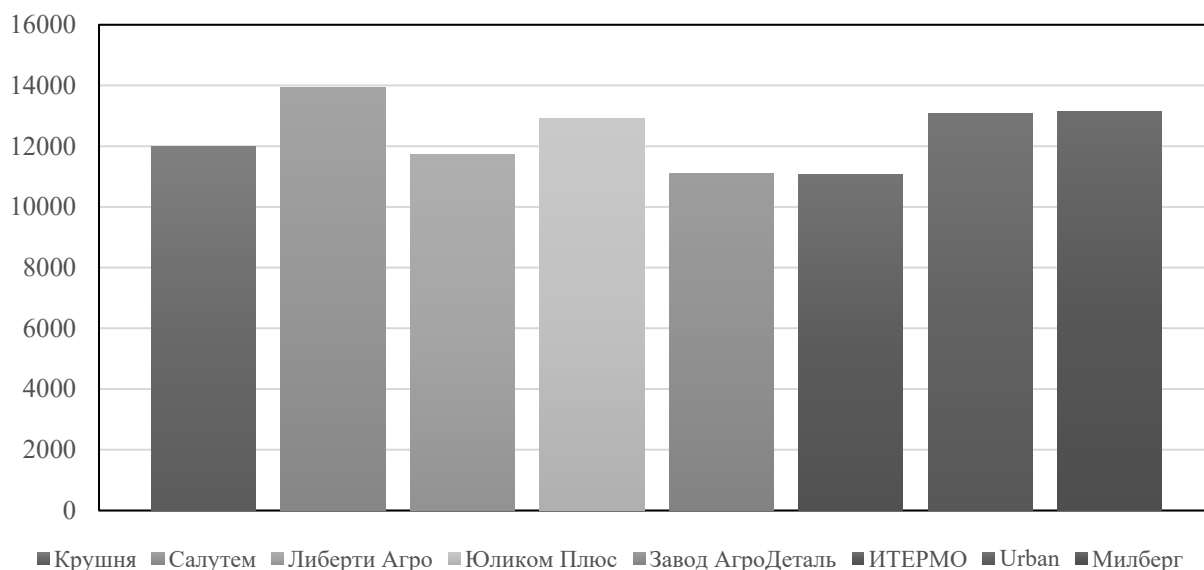


Рис. 1. Анализ рынка молочных такси в СНГ, оборудованных тяговым электроприводом

УДК 621.9

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФЛОКУЛЯНТОВ В ОЧИСТКЕ ФИЛЬТРАТА ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

М. А. ГАВВА

Научный руководитель С. В. АЗОПКОВ

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

Очистка фильтрата полигона твердых коммунальных отходов (ТКО) – обязательная процедура при эксплуатации полигонов ТКО. В качестве наиболее распространенных методов очистки можно выделить коагуляцию и флокуляцию [1].

Целью работы было определить возможности очистки фильтрата ТКО методом коагуляции с использованием добавок различных флокулянтов.

На первом этапе эксперимента была определена эффективная доза сульфата алюминия.

Из представленных данных (табл. 1) видно, что наиболее эффективной дозой является 100 мг сульфата алюминия на кубический дециметр, при этом эффективность очистки от взвешенных веществ составила 91 %.

Табл. 1. Определение эффективной дозы сульфата алюминия

Доза сульфата алюминия (в пересчете на Al_2O_3), мг/дм ³	50	100	150	200	250	300	350	400
Эффективность очистки, %	76,5	91	94,4	95,4	93,5	96,0	97,0	96,5

На следующем этапе проводили оценку эффективности использования добавок анионного (Magnafloc M155), катионного (Praestol 650BC) и неионогенного (Besfloc K4000) флокулянтов дозой 5 мг/дм³ к установленной ранее эффективной дозе сульфата алюминия.

Из представленных данных (табл. 2) видно, что применение анионного флокулянта позволяет повысить эффективность очистки до 98,5 %, а неионогенный и катионный флокулянты оказывают негативное действие.

Табл. 2. Влияние добавки флокулянта на эффективность очистки

Флокулянт	Без флокулянта	Анионный	Катионный	Неионогенный
Эффективность, %	91,0	98,5	31,6	66,4

Таким образом, в ходе эксперимента было выявлено, что добавки флокулянтов позволяют значительно интенсифицировать процесс очистки фильтрата ТКО; наиболее эффективным установлено применение анионного флокулянта (Magnafloc M155) дозой 5 мг/дм³ к коагулянту сульфат алюминия дозой 100 мг/дм³.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кручинина, Н. Е. Использование коагулянтов на основе хлоридов титана и кремния в процессах очистки фильтрата полигона твердых коммунальных отходов / Н. Е. Кручинина, Е. Н. Кузин, С. В. Азопков // Химическая промышленность сегодня. – 2017. – № 8. – С. 36–40.

УДК 681.7

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЦИФРОВОГО КОЛОРИМЕТРА

В. Р. ГАФУРОВ

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

Качественная оценка цветовых свойств имеет большое экономическое значение в промышленности. Колориметрические приборы применяют в лакокрасочной, ювелирной и рудной промышленности. Одним из таких приборов является разработанный цифровой колориметр для исследования разноцветных объектов [1]. В ходе исследования устройства был выдвинут ряд предложений. Во-первых, для лучшей компактности и мобильности цифрового колориметра в программе Компас-3D был смоделирован бокс в форме куба. Во-вторых, для освещения исследуемого объекта по рекомендациям МКО предусмотрены отверстия, расположенные от оптической оси под углом 90° и 45° , реализующие колориметрическую схему освещения/наблюдение [2]. Также для предотвращения засветки предусмотрены заглушки для неиспользуемых отверстий и бленда для объектива.

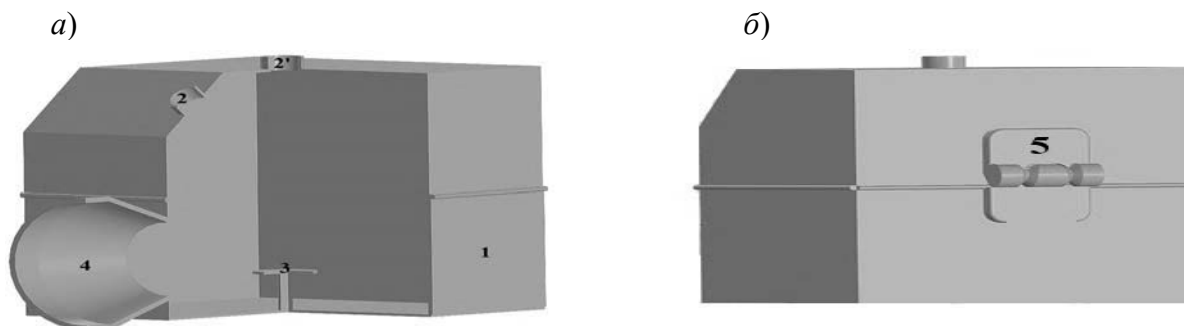


Рис. 1. Спроектированная модель: *а* – бокс в разрезе; *б* – тыльная часть бокса

Для реализации бокса на 3D-принтере и дальнейшей сборки устройства проектирование осуществлялось в качестве 3D-модели. На рис. 1 показан бокс устройства в собранном виде. Бокс представлен в виде куба 1 с отверстиями для источника излучения 2 и 2', имеющих резьбу для фиксации источника и заглушки, предметного столика 3 и бленда 4. Также для удобства эксплуатации устройства предусмотрена петля 5, соединяющая верхнюю и нижнюю части бокса. Разработанный бокс позволит сделать устройство мобильным, компактным и герметичным, что обеспечит удобное применение устройства в различных условиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жбанова, В. Л. Структура фотоколориметра / В. Л. Жбанова, В. Р. Гафуров // Энергетика, информатика, инновации – 2021: сб. тр.: в 2 т. – Смоленск, 2021. – Т. 1. – С. 424–427.
2. Гуревич, М. М. Цвет и его измерение: учебник / М. М. Гуревич. – Ленинград: АН СССР, 1950. – 267 с.

УДК 681.7

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ЦВЕТОДЕЛЕНИЯ В ЦИФРОВОЙ МИКРОСКОП

В. Л. ЖБАНОВА

Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

в г. Смоленске

Смоленск, Россия

Цифровые микроскопы незаменимы как приборы контроля качества продукции. В работе представлено решение по повышению цветового разрешения цифровых изображений в микроскопии. Разработан цветовой треугольник с большим цветовым охватом [1, 2]. Подобраны наборы светофильтров под характеристики этого цветового треугольника, реализующие систему цветоделения (СЦД) для монохромной камеры.

Цифровой микроскоп состоит из следующих компонентов (рис. 1): осветительной системы 1; предметного столика 2, на котором располагается объект исследования 3; окуляра 4; тубуса 5; цифровой камеры 7; цифрового дисплея/ПК/ноутбука 8. Предлагается испытать разработанную СЦД. Поэтому были рассмотрены два варианта внедрения СЦД 6 в микроскоп: между окуляром 4 и монохромной цифровой камерой 7, но при этом необходимо использовать черный короб от засветок 9 (рис. 1, а); между источником 1 и предметным столиком 2 (рис. 1, б).

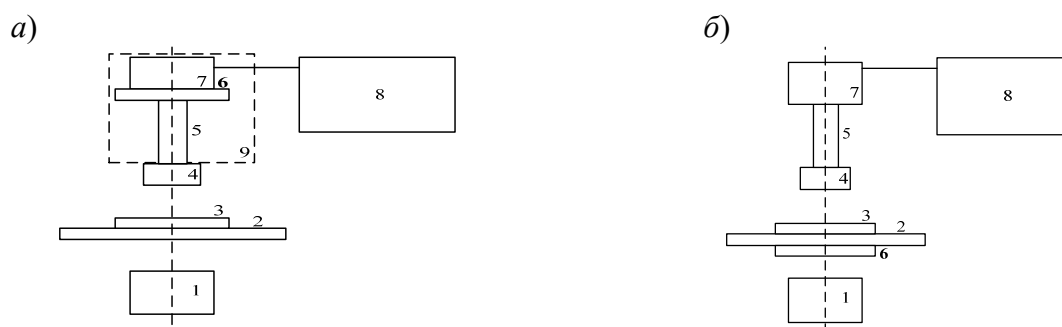


Рис. 1. Схема цифрового микроскопа

На этапе постановки эксперимента были проведены контрольные снимки. Разницы результатов измерений обнаружено не было. Поэтому для дальнейших экспериментов выбран второй вариант размещения СЦД, как наиболее простой и удобный. Однако измерения необходимо будет проводить в черной фотометрической комнате, чтобы исключить световые помехи.

Исследование выполнено при финансовой поддержке – стипендии Президента Российской Федерации в 2022–2024 годах для молодых ученых и аспирантов, осуществляющих перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики СП-748.2022.4.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zhbanova, V. L. Features Of Digital Colorimetry Application in Modern Scientific Research / V. L. Zhbanova // Light & Engineering. – 2021. – Vol. 29, № 3. – P. 146–158.
2. Zhbanova, V. L. Evaluation and selection of colour spaces for digital systems / V. L. Zhbanova // Light & Engineering. – 2020. – Vol. 28, № 6. – P. 86–94.

УДК 543.42

АТОМНО-ЭМИССИОННАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ С МАГНИТНОЙ ПЛАЗМОЙ. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

А. Д. ЗАЙЦЕВА

Научный руководитель Е. Н. КУЗИН, канд. техн. наук, доц.
Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
Москва, Россия

Методы мокрой химии нашли широкое распространение не только в оценке состояния окружающей природной среды, но и в пищевой, медицинской и даже металлургической промышленности.

Вопросам химического анализа растворов с высоким солевым фоном уделяется достаточно много внимания, при этом до сих пор нет единого мнения о наилучшем методе контроля. В последнее время появилась информация о высокой перспективности метода атомно-эмиссионной спектроскопии с магнитно-связанной плазмой в процессах контроля качества магнитных сплавов [1], а также контроля технологических растворов процессов переработки минерального сырья [2].

Для оценки возможности применения данного метода необходимо проанализировать основные достоинства и недостатки метода.

К основным преимуществам метода можно отнести:

- низкую стоимость оборудования (2 млн против 14 млн у европейских аналогов);
- возможность использования в качестве газоплазмообразователя азота технической чистоты (для ICP-MS требуется аргон марки ОСЧ);
- простоту эксплуатации, ремонта, отечественные комплектующие;
- возможность работы с концентрированными растворами солей и кислот (минерализация – до 30 г/л, содержание серной кислоты – до 200 г/л).

Серьезными недостатками прибора являются:

- необходимость частой замены генератора плазмы – магнетрона (4 мес.);
- недостаточное количество разработанных методик;
- относительно низкая чувствительность (0,1...0,5 мг/л).

На основании вышесказанного можно сделать **вывод**, что для первичного экспресс-анализа технологических производств данный метод является наиболее удобным и экономически обоснованным.

Авторы выражают глубокую признательность и благодарность канд. хим. наук, начальнику лаборатории АО «Спецмагнит» Владимиру Алексеевичу Кучумову.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кучумов, В. А.** Анализ химического состава исходного сплава при производстве постоянных магнитов из сплавов системы Sm-Co / В. А. Кучумов, С. С. Шумкин // Ведомости СПбГПУ. – 2017. – Т. 23, № 1. – С. 219–225.
2. Нейтрализация серноокислых растворов при комплексной переработке диоксидсодержащих отходов обогащения / Е. Н. Кузин [и др.] // Обогащение руд. – 2019. – № 4. – С. 38–43.

УДК 677.047.623

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ СРАВНЕНИЕ МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФРИКЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН

Ю. И. МАРУЩАК, К. А. ЛЕНЬКО

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

Требования к повышению качества текстильной продукции белорусского производства приводит к необходимости придания специальных свойств на этапе заключительной отделки тканей. В настоящее время происходит значительное расширение рынка текстильно-вспомогательных веществ отечественного производства, что привело к появлению большого числа новых, неизвестных потребителю марок препаратов. Для того чтобы количественно оценить эффект после умягчающей отделки и предоставить рекомендации по выбору наиболее эффективных текстильно-вспомогательных веществ используют такой показатель, как коэффициент тангенциального сопротивления (КТС). Методы определения его весьма разнообразны. Данное исследование направлено на сравнение двух методик: разработанной авторами методики горизонтальной плоскости и распространенной в текстильном материаловедении – метода наклонной плоскости.

В лабораторных условиях УО «ВГТУ» проведено умягчение хлопчатобумажной ткани с применением силиконового мягчителя при концентрациях 0, 10, 50 и 100 г/л. Образцы тестировались на приборе FPT-F1 и наклонной плоскости в соответствии с методиками. Зависимость статического КТС от концентрации мягчителя по двум методам представлена на рис. 1.

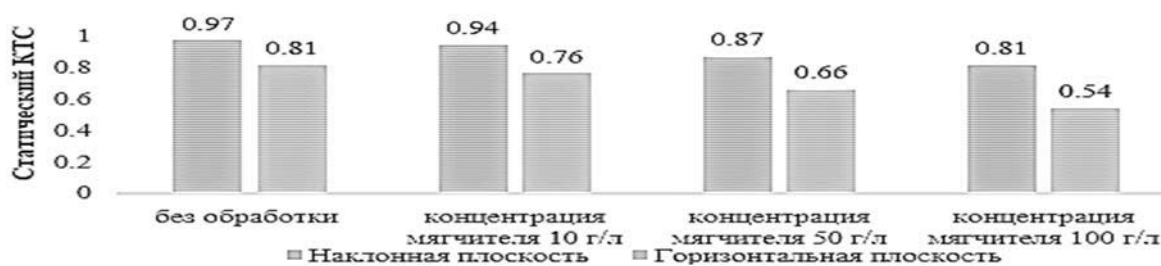


Рис. 1. Зависимость статического КТС от концентрации мягчителя

Вывод. Разработанная методика горизонтальной плоскости обладает большей чувствительностью, о чем свидетельствует наибольшая разность между необработанным и обработанными образцами. Однако и метод горизонтальной плоскости, и метод наклонной плоскости может быть применен для оценки эффекта после умягчения текстильных полотен силиконовыми мягчителями, т. к. в обоих случаях прослеживается тенденция снижения коэффициента. Числовые значения КТС могут служить основой для выбора наиболее эффективных мягчителей.

УДК 544.726:621.039.735

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРОФОРМИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА СЕЛЕКТИВНОСТЬ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ^{137}Cs

Н. П. МАШЕРОВА, А. Ю. ДАНИЛЬЧЕНКО

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

В результате катастрофы на Чернобыльской АЭС около 23 % территории Беларуси были загрязнены радионуклидами, в том числе и водосборы таких рек, как Припять, Днепр, Сож и др. Водные объекты являются основными артериями транспорта радионуклидов. В связи с этим остро стоит вопрос оперативного радиологического контроля путем концентрирования селективных материалов отдельных видов радиоизотопов.

Поскольку в редких случаях очищаемые и анализируемые растворы содержат только один тип радионуклидов, определяющее значение при выборе того или иного материала для решения конкретной задачи имеет селективность сорбента по отношению к определенному радионуклиду [1].

Для исследования сорбционных свойств материалов по отношению к радионуклидам использовали модельные растворы, приготовленные на водопроводной воде, имеющей сухой остаток ($349,5 \pm 8,3$) мг/л.

Измерение активности раствора по ^{137}Cs проводили на β -радиометре РУБ-01П4.

В данной работе представлены результаты экспериментов по изучению динамических характеристик процесса сорбции радиоизотопов ^{137}Cs на селективных сорбенте на основе цеолита NaX и ферроцианида меди (II), модифицированного структуроформирующей добавкой.

Результаты исследований представлены в табл. 1.

Табл. 1. Влияние структуроформирующей добавки H_3BO_3 на коэффициент распределения (селективность извлечения) для ^{137}Cs

Образец	K_d , мг/г
Na-клиноптилолит	$4,38 \cdot 10^3$
Клиноптилолит + Cu ферроцианид	$1,4 \cdot 10^4$
Клиноптилолит + Cu ферроцианид + H_3BO_3	$3,1 \cdot 10^4$

Таким образом, представленные результаты показали, что применение структуроформирующей добавки позволяет увеличить селективность извлечения ^{137}Cs в сравнении с исходным клиноптилолитом и клиноптилолитом + Cu ферроцианидом в 7,2 и 2,2 раза соответственно.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудрявцев, Г. В. Ионообменники на основе модифицированных минеральных носителей / Г. В. Кудрявцев, С. З. Бернадюк, Г. В. Лисичкин // Успехи химии. – 1989. – Т. 58, № 4. – С. 684–709.

УДК 681.5

ВЫБОР ПРИБОРА КОНТРОЛЯ КИСЛОТНОСТИ И РЕДОКС-ПОТЕНЦИАЛА ВОДНОЙ СРЕДЫ

Б. С. МЫРЗАБЕКОВ

Научный руководитель О. Л. АХРЕМЧИК, д-р техн. наук, доц.
Тверской государственной технической университет
Тверь, Россия

Выращивание рыбы, моллюсков, водорослей в объектах аквакультуры требует контроля кислотности (рН), редокс-потенциала, концентрации кислорода и температуры водной среды в технологической установке. Применение многоуровневых систем управления на аквафермах диктует необходимость поиска, сравнительного анализа и выбора надежных приборов и средств контроля параметров водной среды, способных интегрироваться в распределенные системы автоматизации. Одним из основных критериев выбора приборов контроля является наличие цифрового выхода. Это позволяет заложить предпосылки сменяемости прибора при минимальных затратах на перепрограммирование и монтаж в случае модернизации системы или необходимости отказа от оборудования производителей, покинувших рынок Союзного государства России и Беларуси.

Подходящими для применения в бассейнах аквакультуры до последнего времени были: многоканальный прибор JUMO AQUIS (JUMO, Германия) с выходами (по заказу): Ethernet, USB-Host, USB, RS422/RS485, PROFIBUS-DP; контроллер PC800 (Seko, Италия) с выходом RS485. Подобные устройства имеют возможность интеграции в системы диспетчерского контроля, реализующие технологию тегов. За прибором контроля кислотности и редокс-потенциала при программировании в среде разработки закрепляются соответствующие теги, позволяющие обеспечить ввод, обработку, индикацию и архивацию значений контролируемых показателей водной среды.

Массовый уход западных компаний с нашего рынка заставляет искать аналоги. Поиск приборов контроля кислотности и редокс-потенциала с цифровым выходом, выпускаемых в РФ, результатов не дал. Анализ приборов проводился среди номенклатуры, производимой в Юго-Восточной Азии. В результате выполнения работ определено пространство выбора, включающее: цифровой измеритель окислительно-восстановительного потенциала (HM Digital, Южная Корея); монитор-контроллер рН и редокс-потенциала (Kelilong Instruments, Китай). Подобные приборы требуют разработки и адаптации интерфейсных преобразователей, модулей прикладного программного обеспечения для связи с ЭВМ верхнего уровня управления.

Среди выявленных недостатков абсолютно всех приборов контроля кислотности и редокс-потенциала следует отметить приобретение импортных электродов, небольшой срок службы электродов, наличие особых требований к хранению и использованию электродов.

УДК 504.054

МАКСИМАЛЬНЫЕ УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ЗОНАХ ДЕЙСТВИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЙ

К. А. ТАЙЛАШЕВА, Е. А. ПОКРОВСКАЯ

Научный руководитель Н. К. РЫЖАКОВА, канд. физ.-мат. наук, доц.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Томск, Россия

Загрязнение воздуха в промышленных районах является причиной увеличения числа случаев различных заболеваний. Нормирование загрязнения атмосферного воздуха выбросами предприятий основано на расчетах предельно допустимых концентраций наиболее токсичных веществ – мелкодисперсных частиц выбросов, сажи и некоторых токсичных газов. Мелкодисперсные частицы выбросов металлургических и теплоэнергетических предприятий, содержащие тяжелые металлы, обладают сильным токсическим и канцерогенным действием. В связи с этим большой интерес представляет оценка максимальных уровней загрязнения металлами в зонах влияния крупных предприятий металлургического и топливно-энергетического комплексов, а также их зависимость от розы ветров.

В работе для измерения функций распределения выбросов предприятий используется метод мхов-биоиндикаторов, основанный на сравнительном анализе концентраций химических элементов во мхах, отобранных на исследуемой и фоновой территориях [1]. Измерения проведены с помощью активного биомониторинга для периодов экспозиции 2, 8 и 11 месяцев; при анализе результатов используется диффузионно-конвективная модель переноса [2]. В качестве источников загрязнения были выбраны алюминиевый завод (г. Красноярск) и угольная ТЭЦ (г. Новосибирск).

С помощью статистической обработки и регрессионного анализа результатов измерения концентраций металлов в образцах мха-биомонитора показано, что максимальные уровни загрязнения металлами, превышающие фон в несколько и более раз, наблюдаются, как правило, на расстояниях от 2 до 3 км для ТЭЦ и от 3 до 4,5 км для алюминиевого завода. Увеличение повторяемости ветра в исследуемых направлениях приводит к заметному увеличению уровня загрязнения. Наиболее сильная зависимость значения максимальной концентрации от повторяемости ветра наблюдается для сравнительно крупных частиц выбросов ТЭЦ-5, на которые меньше влияют неупорядоченные турбулентные движения воздуха.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Borisenko, A. L.** Mosses as indicators of urban environmental pollution: Examples of *pylaysia polyantha* (HEDW.) B.S.G. from West Siberia / A. L. Borisenko, N. K. Ryzhakova, N. S. Rogova // Mosses: Ecology, life cycle and significance. – New York: Nova Science Publishers, Inc., 2018.
2. **Берлянд, М. Е.** Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы / М. Е. Берлянд. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. – 272 с.

УДК 621.9

РАЗРАБОТКА ИНСТРУКЦИЙ ПО СОЗДАНИЮ ПРОЦЕССА АНАЛИЗА УРОВНЯ ЗАЩИТЫ НА ОСНОВЕ ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

А. А. ВИТЕЛЮЕВА

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

Получение информации всегда было связано с деятельностью людей и является наиглавнейшим ресурсом технического, а также научного мирового сообщества. Предпринимательская или государственная деятельность предполагает различное использование информационных потоков.

Действенный метод по защите информационной безопасности (ИБ) нужно начинать с применения информационных отношений субъектами, причем для каждого субъекта индивидуальный, но объективно связанный с использованием информационных систем (ИС). Из этого следует, что контроль исследования ИБ организаций, созданных на основе открытых источников, крайне необходим. Если учесть особенности различных сфер деятельности и процесса производства, то процесс АЗООИ должен пройти в соответствии с требованиями отраслей.

Опираясь на данные Positive Technologies, под угрозой, как правило, чаще всего находятся государственные учреждения, а более частые атаки производятся на инфраструктуру, веб-ресурсы, а также на отдельных пользователей. Аналитический отчет экспертного центра безопасности выявил, что наибольшие атаки были направлены на конфиденциальную информацию. Правительственные сайты часто атакуют так называемые хактивисты и это также ощутимо в общих исследованиях.

ИС, которые относятся к государственным информационным системам (ГИС), применяется приказ ФСТЭК 17, в котором содержатся ряд требований по оценке защиты ГИС всех классов и следующие меры.

1. Выявление, анализ уязвимостей ИС и оперативное устранение вновь выявленных уязвимостей.

2. Контроль установки обновлений ПО.

3. Контроль работоспособности, параметров настройки и правильности функционирования ПО и средств защиты информации.

4. Контроль правил генерации и смены паролей пользователей, заведения и удаления учетных записей пользователей, реализации правил разграничения доступом, полномочий пользователей в ИС.

Подводя итог вышесказанному, предложенные методы можно использовать формально к требованиям регулятора, но в связи с тем, что многое совершенствуется, а сбор информации ограничен, рекомендовано не полагаться на методы АЗООИ как единственно верные.

УДК 004.9

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ

Р. Ф. ГАРИФУЛЛИН

Казанский национальный исследовательский технический университет

им. А. Н. Туполева – КАИ

Казань, Россия

В рамках своей деятельности каждая кафедра сталкивается с ежегодной проблемой – это распределение учебной нагрузки между профессорско-преподавательским составом (ППС) кафедры. Данный процесс требует достаточно больших временных и трудовых ресурсов и обязательно связан с возникновением многочисленных ошибок и корректировок.

Следуя принципам бережливого производства, для устранения потерь времени при распределении нагрузки данный процесс следует автоматизировать средствами программного пакета MS Excel или в рамках импортозамещения в программном пакете Мой Офис. Это приводит к существенному сокращению затрат времени на распределение нагрузки ППС кафедры в сравнении с ручным распределением.

Вся технология автоматизации распределения нагрузки состоит в выполнении последовательных действий. Процесс распределения нагрузки ППС необходимо разделить на несколько шагов.

Первый шаг – преобразование исходных данных. Полученная из учебного отдела нагрузка автоматически обрабатывается и преобразуется в необходимый формат.

Второй шаг – преобразование общего объема часов к удельному значению. При этом учитываются следующие факторы:

- количество обучающихся в одной группе или потоке;
- специализация ППС;
- наличие степеней, званий и т. д. у ППС;
- норматив штатности и т. д. для каждой основной образовательной программы (ООП) и др.

Третий этап – автоматическое распределение нагрузки ППС, используя заранее установленные параметры.

Четвертый этап – уведомление ППС о распределенной нагрузке и получение обратной связи от ППС.

На основе распределенной нагрузки текущего года, а также учебной нагрузки предыдущих периодов обучается нейронная сеть, которая в дальнейшем распределяет нагрузку в автоматическом режиме с возможностью ручной корректировки в случае необходимости.

Вышеописанная технология автоматизированного распределения учебной нагрузки существенно снижает время, затрачиваемое на распределение учебных часов ППС кафедры, и практически полностью исключает технические ошибки.

УДК 519.6

ОРГАНИЗАЦИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ ТРАНСПОРТА ДЛЯ ДОСТАВКИ ТОВАРОВ ПОКУПАТЕЛЯМ

Д. Ю. ДРЯГИН, В. А. ШИРОЧЕНКО

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

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Деятельность курьерской компании связана с оперативной доставкой того или иного груза из одной точки в другую. От того, насколько быстро выполняется заказ, напрямую зависит коммерческий успех фирмы. На скорость и затратность выполнения поставленных заданий влияет умение курьера быстро ориентироваться на местности и выбирать верный маршрут. Таким образом, вопрос построения оптимальных маршрутов доставки грузов является достаточно важным для обеспечения эффективной работы курьеров.

Для доставки товаров курьеры часто используют программы-навигаторы, устанавливая их на своих планшетах или смартфонах. В настоящее время программы-навигаторы способны построить любой маршрут между двумя точками: точкой отправления и точкой назначения. Такой маршрут будет лучшим для доставки одного товара, но может оказаться совершенно неприемлемым для исполнения всей группы заказов для нескольких заказчиков. Исходя из этого следует, что для увеличения эффективности построения маршрута и оказываемых услуг необходимо создать систему, которая сможет построить оптимальный маршрут обхода сразу нескольких объектов и вернуться в начальную точку.

Для решения задачи по прокладке оптимального маршрута необходимы данные о структуре путей, по которым возможно движение и которые связывают объекты. Такие данные удобно представлять в виде графа дорог. Для выбора картографической основы, описывающей узлы и дуги графа дорог, необходимо руководствоваться требованиями актуального представления транспортных путей и возможностью легкого редактирования, т. к. состояние дорог не является постоянным.

Наиболее популярный картографический сервис – Google Maps, который в настоящее время очень бурно развивается. Для него существуют готовые и очень удобные инструменты для создания приложений. Однако в нем сеть дорог подробно описана только в пределах США и стран Евросоюза. Более подходящим для целей построения проектируемой системы является картографический сервис Yandex Maps, который характеризуется развитой векторной картой крупных и средних городов Беларуси.

Используя выбранный сервис, была разработана навигационная система, позволяющая строить кратчайшие кольцевые маршруты, обеспечивающие минимальные затраты времени и ресурсов для курьерской доставки грузов.

УДК 621.9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Р. В. КОЛЕСНЕВ, В. А. ШИРОЧЕНКО

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

Образовательный процесс в современных условиях требует концентрации усилий преподавательского состава на его динамичном совершенствовании и повышении его качеств. Вместе с тем его организация сопровождается довольно большим количеством рутинных процедур, требующих довольно больших временных затрат и обработки значительных объемов разносторонней информации. Оперативность выполнения этих процедур можно обеспечить только на основе автоматизации с использованием современных информационных технологий.

Основным документом, регламентирующим образовательный процесс, является учебный план специальности, реализация которого требует от руководителя учебной кафедры эффективной расстановки преподавательского состава по учебным задачам, стоящим перед кафедрой, тщательной подготовки необходимой учебно-методической документации, оперативного контроля образовательного процесса и своевременного управления.

Подготовка к началу нового учебного года начинается с расчета объема учебной нагрузки и ее распределения между преподавателями кафедры. На основе этих решений формируется информация к составлению расписания занятий и разрабатывается расписание занятий для всего вуза. Данная работа носит хорошо формализованный характер и в значительном объеме автоматизирована с помощью созданного и используемого на кафедре АСУ специального программного обеспечения.

Для контроля за ходом образовательного процесса кафедры используют традиционный аппарат индивидуальных планов со сбором ежемесячных отчетов преподавателей о количестве проведенных занятий различного вида и других учебных мероприятий в соответствии с запланированной учебной нагрузкой. Созданное программное обеспечение автоматизирует этот процесс и позволяет в любой момент текущего учебного семестра контролировать и управлять ходом образовательного процесса. Создание отчета осуществляется на базе специального преподавательского электронного журнала, в котором предусмотрено формирование по каждой учебной дисциплине контрольной информации на основе списков студентов соответствующих учебных групп.

Специальное программное обеспечение построено на основе Web-технологий и может функционировать на смартфоне или планшете преподавателя. С его помощью формируется индивидуальное расписание преподавателя, определяется круг студентов, с которыми он будет работать на занятиях, и фиксируется ход и качество обучения студентов.

УДК 004.9; 528.1

ОЦЕНКА МЕТОДА ВОССТАНОВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ СИНГУЛЯРНОГО ДОПОЛНЕНИЯ МАТРИЦЫ ОПОРНОГО ФИЛЬТРА

Н. О. РОМАНКОВА

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

Передача большого объема конфиденциальной информации по средствам связи привела к возникновению проблем безопасности. Растущий спрос на сравнительно более безопасные и надежные криптосистемы создал новые исследовательские проблемы в области криптографии.

Представлена оценка авторского метода на основе сингулярного дополнения матрицы опорного фильтра. Для наглядности сравним данный метод с методом Тихонова и Винера [1]. С этой целью был выбран снимок с множеством мелких деталей, добавлены различные шумы, после чего его восстановили перечисленными методами (рис. 1).



Рис. 1. Результаты восстановления методом: *a* – Тихонова; *б* – Винера; *в* – с помощью сингулярного дополнения матрицы опорного фильтра

Анализируя полученные результаты при раскодировке, уже визуально видно, что у исследуемого метода восстановление более эффективное, чем у стандартных методов. Сравнивая исходный и раскодированный снимки, получили разницу всего 27,18 %, по методу Тихонова – 70,49 %, Винера – 48,45 %. При этом затраченное время на восстановление составило: исследуемый метод – 01,09 с, метод Тихонова – 26,61 с, метод Винера – 03,03 с. Анализ доказал, что результаты обработки методом с помощью сингулярного дополнения матрицы опорного фильтра на порядок превышают результаты стандартных методов [2].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Жбанов, И. Л.** Метод шифрования геоизображений на основе реорганизации внутренней структуры цифрового фильтра / И. Л. Жбанов, В. Л. Жбанова // Системы анализа и обработки данных. – 2021. – № 3 (83). – С. 87–98.

2. **Романкова, Н. О.** Метод шифрования спутникового изображения с помощью сингулярного дополнения матрицы опорного фильтра свертки / Н. О. Романкова // Информационные технологии, энергетика и экономика: материалы XIX Междунар. науч.-техн. конф.: в 3 т. – Смоленск, 2022. – Т. 2.

УДК 004.42

КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ ИМИТАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

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

При создании эффективных программ управления производством выявляется несовершенство управленческой и технологической инфраструктуры фактически на любом производственном предприятии. Во избежание таких проблем требуется установка и использование MRP-систем.

Программное обеспечение способно определить стратегию, с которой материалы используются на предприятии, и предложить будущие покупки. В дальнейшем полученные отчеты можно применять для составления уточненных целей. Это также позволяет выявить узкие места на предприятии, указать способы снижения внутрипроизводственных затрат и предложить оптимальные производственные графики.

Эффективность деятельности подсистем промышленного предприятия достигается их согласованными действиями с учетом того, что подсистемы имеют разные целевые функции. Разработанная имитационная модель имеет комплексную структуру, включающую производство, запасы продукции и ресурсов, подсистему реализации и снабжения материалами для организации производственного процесса, подсистему финансов, налоговую подсистему. Данные для исследования модели функционально объединены в группы параметров: Производство – вводятся данные, характеризующие производственный процесс; Финансы – определяют текущее финансовое состояние предприятия и учитывают инфляционные процессы; Налоги – указывают текущую налоговую политику государства; Реализация – особенности сбытовой технологии предприятия (например, условия платежа, сроки отгрузки продукции), определяемые по результатам предыдущих периодов или прогнозируемые; Снабжение – установленный порядок поставки ресурсов; Затраты – переменные и постоянные затраты на единицу выпускаемой продукции.

Графический интерфейс программной реализации модели представляет собой SPA (одностраничное приложение), разработанное при помощи фреймворка ReactJS в связке с языком программирования TypeScript, а также с применением языка разметки HTML, каскадных таблиц стилей CSS и набора UI компонентов React Bootstrap.

Все вычисления производятся с помощью модулей `experimenter` и `enterprise3`, которые располагаются на виртуальной машине Windows Server 2012 с виртуальной операционной системой Windows 7.

УДК 355/359.07

ПОРЯДОК ОБНОВЛЕНИЯ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ СВЯЗЕЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

М. Н. СОРОКИН

Научный руководитель Д. С. РЯБЕНКО, канд. техн. наук, доц.

Институт пограничной службы Республики Беларусь

Минск, Беларусь

Под процессом обучения нейронной сети понимается обновление весовых коэффициентов связей, соединяющих нейроны, путем применения метода обратного распространения ошибки (метод градиентного спуска). Чем меньше выходная ошибка между целевым и фактическим значением, тем более успешно обучена нейронная сеть. Используя дифференциальное исчисление, представляется возможным расчет значения ошибки и корректировка каждого весового коэффициента связи нейронной сети (рис. 1).

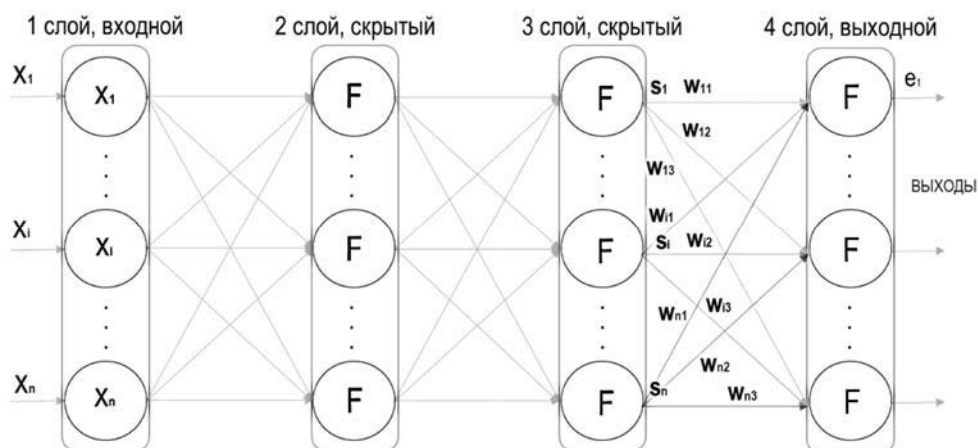


Рис. 1. Пример многослойного персептрона

Формула расчета градиента ошибки, например, для весового коэффициента w_{11} будет следующей:

$$\frac{de_1}{dw_{11}} = -e_1 \cdot F(\sum_j w_{jn} s_j) (1 - F(\sum_j w_{jn} s_j)) \cdot s_j, \quad (1)$$

где $\frac{de_1}{dw_{11}}$ – зависимость изменения ошибки при изменении коэффициента связи нейронной сети; e_1 – выходная ошибка нейрона выходного слоя; F – функция сглаживания сигнала (функция активации); $(\sum_j w_{jn} s_j)$ – сумма всех данных от нейронов предыдущего слоя, перемноженных на коэффициенты весов (каждый на свой); s_j – в данном случае выходное значение, равное s_1 , т. к. осуществляется корректировка веса коэффициента w_{11} .

Таким образом, производится корректировка каждого весового коэффициента связи в нейронной сети путем выполнения многочисленных повторных итераций до тех пор, пока значения разности между целевыми и фактическими данными не будут минимальными, что может свидетельствовать об обученности нейронной сети.

УДК 004.42

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В МЕДИЦИНСКОЙ ПРАКТИКЕ

К. Г. ТИЩЕНКО, Н. В. ВЫГОВСКАЯ

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

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Важной задачей при постановке качественного диагноза заболевания в учреждениях здравоохранения является предварительный анализ компьютерных изображений цифровой рентгенографии, компьютерной томографии, магнитно-резонансной томографии на рабочих местах врачей общей практики и узких специалистов.

Разрабатываемое программное приложение содержит следующие модули: К (клиент) – сайт, который непосредственно наблюдается и используется конечным пользователем приложения; С1 – сервер для распознавания изображений; З – база знаний сервера С1, накоплена в ходе обучения приложения; С2 – сервер для хранения изображений, добавленных пользователем; П – база данных, предназначенная для хранения пользовательских изображений (рис. 1).

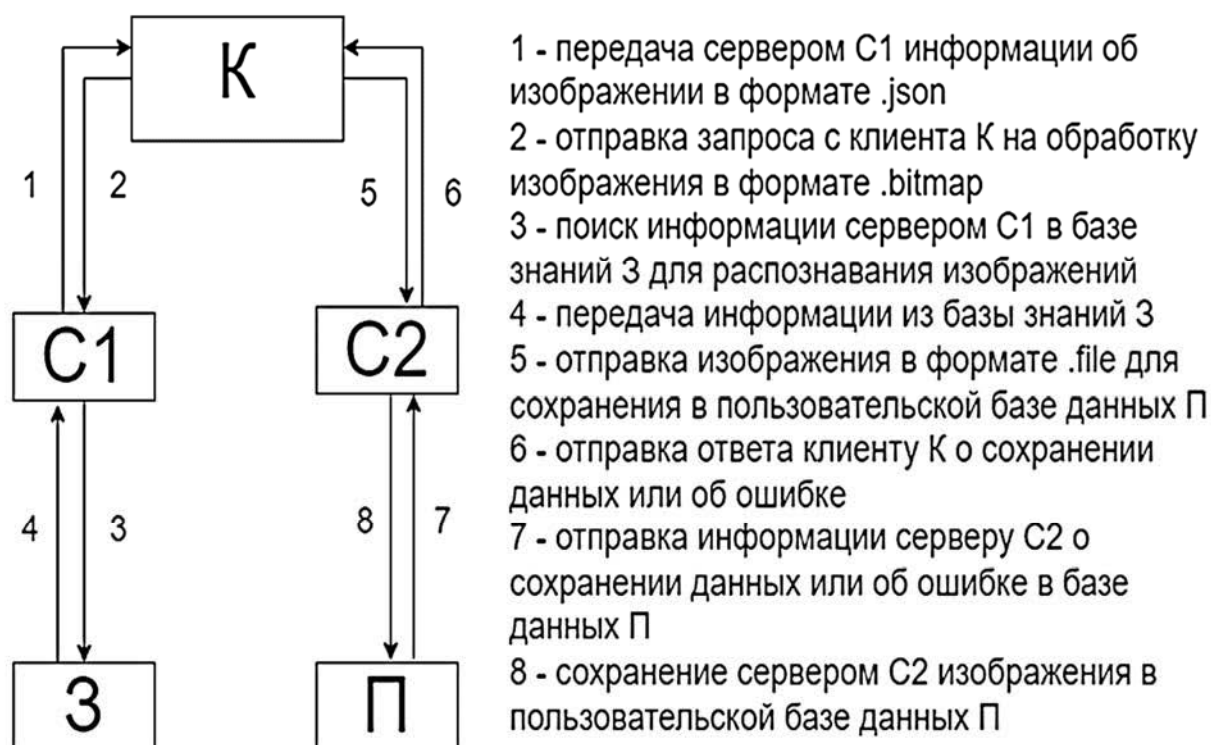


Рис. 1. Функциональная схема взаимодействия между модулями

Приложение функционирует на основе использования методов искусственного интеллекта: нейронных сетей (многослойный перцептрон) и компьютерного зрения (когнитивный сервис Azure Computer Vision).

УДК 004.42

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПОИСКА АРЕНДНОГО ЖИЛЬЯ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ

С. О. УКОЛОВ, Д. А. ДЕНИСЕВИЧ

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

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

На сегодняшний день представлено несколько популярных платформ для поиска арендного жилья. В сети Интернет можно найти местные сайты (apartmentcity.by – г. Могилев), в границах страны (kufar.by – РБ, cian.ru – РФ) и даже международные (airbnb.com). Большинство подобных сайтов объединяет одна существенная для клиентов проблема: отсутствие информации о доступности жилья на конкретный период.

Веб-приложение с клиент-серверной архитектурой реализовано на языке программирования JavaScript. В качестве базы данных используется PostgreSQL.

Для разработки серверной части приложения была использована JavaScript платформа NodeJS, которая позволяет запускать JavaScript-код вне среды браузера, а также фреймворк ExpressJS для имплементации RESP API.

Клиентская часть приложения разработана при помощи JavaScript фреймворка Angular, который предоставляет широкий спектр возможностей для разработки SPA (Single Page Application). При написании приложения на данном фреймворке используются такие распространенные веб-технологии, как HTML, CSS, а также язык программирования TypeScript, который лежит в основе Angular и является расширенной версией JavaScript с добавлением строгой типизации.

Приложение имеет простой и понятный интерфейс, который состоит из четырех окон: главное окно, форма создания объявления, профиль пользователя, страница объявления.

Программное средство предоставляет пользователю следующий функционал: регистрация для размещения объявлений с подробной информацией о квартире, добавление фотографий, выбор адреса с автодополнением по введенной части, указание забронированных дат определенной квартиры; просмотр и редактирование профиля пользователя; добавление объявлений в список «Избранного».

Веб-приложение оптимизирует поиск арендного жилья, предоставляя достоверную информацию о занятости апартаментов без необходимости контакта с арендодателем.

УДК 001.5

БАРЬЕРЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ БИЗНЕС-АНАЛИТИКИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

П. С. ХАРЛАМОВ

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

В условиях развития методов и подходов к управлению организацией происходит постепенное изменение средств анализа данных, которые используются в процессе принятия управленческих решений. В настоящее время с развитием цифровых платформ, платформенных моделей бизнеса наборы указанных данных приобрели форму массивов Big Data. Соответственно, на текущем этапе развития экономики создается потребность в опережающей разработке и реализации информационных технологий, способных анализировать подобные массивы данных.

Однако использование существующего подхода, основанного на применении OLTP-систем, недостаточно эффективно при принятии своевременных и актуальных управленческих решений в организации. В связи с этим развитие получили технологии интеллектуального анализа данных, позволяющие сотрудникам организации (пользователям) работать как с данными, так и со знаниями. Такой функционал имеют и аналитические системы бизнес-аналитики.

Базовым принципом рассматриваемых систем является анализ количественных структурированных данных, обеспечение доступа сотрудников организации к информации и результатам ее анализа.

Сегодня рынок систем бизнес-аналитики на территории Российской Федерации активно развивается и притягивает все большие объемы инвестиций в реализацию проектов (в том числе венчурных) по разработке новых систем данного типа. Но несмотря на это, большинство популярных систем бизнес-аналитики разработаны на территории США, Великобритании и стран Европейского союза. Указанное связано со следующими факторами:

- консервативность взглядов топ-менеджеров организации, отказ от использования современных информационных технологий;
- непригодность исходного массива данных для анализа с помощью систем бизнес-аналитики;
- риски прекращения доступа к зарубежным программным продуктам вследствие введения санкций недружественными государствами против Российской Федерации.

Таким образом, можно сделать вывод о необходимости форсированного преодоления вышеуказанных барьеров в короткие сроки с целью дальнейшего развития рынка систем бизнес-аналитики и обеспечения импортонезависимости страны в данной сфере.

УДК 001.5

МЕТОДЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТТОКА И УМНОГО ВОВЛЕЧЕНИЯ КЛИЕНТОВ

О. Е. ХАРЛАМОВА

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

При исследовании каналов маркетинга (контент-маркетинг, интерактивные экраны) в платформенной модели бизнеса определяются основные направления использования методов интеллектуального анализа данных. Так, одним из них является применение методов интеллектуального анализа данных для прогнозирования оттока и умного вовлечения клиентов, пользователей на цифровую платформу организации, реализующей платформенную модель бизнеса. Предложена модель (рис. 1) использования вышеуказанных методов при работе с набором данных Big Data.



Рис. 1. Использование методов интеллектуального анализа данных для прогнозирования оттока и умного вовлечения клиентов на цифровую платформу организации, реализующей платформенную модель бизнеса

УДК 004.8

ВЫСТРАИВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ ОБУЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ANFIS

М. А. ШАЛУХОВА, А. С. СИДОРЕНКО

Научный руководитель А. Е. МИСНИК, канд. техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Персонализация обучения является актуальной задачей высшего образования. Такой подход к обучению позволяет получить не только основную специальность, но и компетенции в других областях, адаптироваться к изменениям в профессии, которые могут произойти за время обучения. Идея индивидуальной траектории получения высшего образования предполагает гибкую систему с возможностью безболезненного перехода на программу, соответствующую профессиональным потребностям. Недостаток модели заключается в сложной подготовке к организации учебного процесса. Возможным решением является внедрение информационной системы управления индивидуальными траекториями с использованием адаптивной нейро-нечеткой системы вывода (ANFIS).

Предлагается применение ANFIS в процессе выстраивания индивидуальных траекторий обучения студентов, направленной на помощь при выборе элективных курсов, составляющих до трети образовательной программы. Начиная с создания четкой базы правил с помощью механизма обучения дерева решений, способного фиксировать простые структуры правил, четкая база правил преобразуется в базу нечетких правил, формирующую входные данные для структуры адаптивной сетевой системы нечеткого вывода, дополнительно оптимизируя параметры предшествующих и последующих правил. Для обеспечения гибкости при формировании базы знаний предлагается использовать модифицированные нечеткие продукционные правила, формулируемые в виде нечетких высказываний относительно значений лингвистических переменных.

Для решения поставленной задачи предлагается использовать подход, в соответствии с которым учащийся в результате своего обучения должен освоить набор профессиональных практических характеристик, рассматриваемых как структурные единицы множества дисциплин. Изучение конкретной дисциплины переводит обучаемого через последовательные переходы, из начального состояния к конечному, при этом отправная точка определяется начальными компетенциями студента. Индивидуальные траектории в виде частично упорядоченного набора дисциплин выстраиваются из дисциплин, соответствующих переходам, ведущим из начальной точки к результирующей.

Подходы на основе искусственных нейронных сетей совместно с алгоритмами нечеткого вывода позволяют упростить процесс формирования индивидуальных образовательных траекторий и повысить качество получаемого образования.

УДК 339.7

ГЛОБАЛЬНЫЕ ДИССОНАНСЫ МИРОВОЙ ВАЛЮТНО-ФИНАНСОВОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ТРАНСФОРМАЦИИ

А. А. БОЯРИНОВА

Смоленский филиал «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации»
Смоленск, Россия

Мировой финансовый кризис 2008–2009 гг., а также пандемия новой коронавирусной инфекции (COVID-19) нанесли значительный ущерб мировой экономической системе, основанной, прежде всего, на открытых рынках. В частности, указанные события выявили проблемы существующей мировой валютно-финансовой системы. Так, четко выявился вектор на финансовализацию мировой экономики (транснационализацию и рост финансового капитала в мировой валютно-финансовой системе, рост спроса на средства хеджирования риска, увеличение неравновесности современной мировой экономики) и определились тенденции возникновения глобальных диссонансов мировой валютно-финансовой системы в условиях ее трансформации, в том числе увеличения доли цифровых активов.

Неравновесность современной мировой экономики и, в частности, трансформирующейся мировой валютно-финансовой системы определяется следующими процессами:

- процессом прекращения фактического определения денежной массы непосредственно государством;
- процессом появления способов получения финансовыми рынками прибыли как на снижении, так и на повышении цен;
- процессом отторжения финансового капитала непосредственно от операций на фондовом рынке;
- процессом перехода к формированию основного объема финансовой ликвидности банковскими и небанковскими финансовыми институтами вне национального регуляторного пространства.

Следует отметить, что глобальные диссонансы, прежде всего, вызваны наличием у центра мировой валютно-финансовой системы чрезмерных привилегий в выпуске резервной валюты и перекладыванием ответственности на менее развитые страны периферии (рис. 1).



Рис. 1. Образование глобальных дисбалансов в мировой валютно-финансовой системе

УДК 338.24

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ СБЫТОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ

Е. А. ГАЛАНЧЕНКО

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

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Сбытовая деятельность по реализации продукции является неотъемлемой частью коммерческой деятельности организации в условиях рыночных отношений. Конкурентоспособность организаций сегодня все больше зависит от успеха ее маркетинговой и сбытовой деятельности, которые ориентированы на установление взаимодействия организации с покупателями.

Среди прочих, отрасль легкой промышленности характеризуется высокой чувствительностью к изменениям внешней среды и жесткой конкуренцией. На белорусских предприятиях легкой промышленности в последние несколько лет наблюдается общая негативная тенденция сокращения объема производства и рентабельности продаж, увеличения запасов готовой продукции.

Объектом исследования данной работы является предприятие белорусской текстильной промышленности ОАО «Лента». Основными видами продукции предприятия являются текстильная галантерея, гардинные изделия, медицинские перевязочные материалы и комплекты штор. Структура сбыта предприятия по рынкам в 2020 г.: Республика Беларусь – 49 %; Российская Федерация – 46 %; Украина – 3 %; Казахстан – 1 %; другие страны – 1 %. В своей сбытовой стратегии предприятие делает упор на традиционный канал распределения напрямую покупателю и реализацию через торговые сети и фирменные магазины. Анализ финансово-экономических показателей предприятия показал сокращение выручки, объема экспорта, рост запасов готовой продукции, сокращение чистой прибыли. Сокращение последней происходит поступательно, в результате чего чистая прибыль снизилась с 1 826 тыс. р. в 2018 г. до 1 тыс. р. в 2020 г. Основными причинами снижения являются сокращение выручки и увеличение убытка от курсовых разниц. В качестве мер по повышению эффективности сбытовой деятельности предлагаются следующие мероприятия: развитие электронной коммерции, управление валютными рисками, управление дебиторской задолженностью. Развитие электронной коммерции позволит решить целый комплекс задач: повысить узнаваемость марки, увеличить продажи, наладить обратную связь с покупателями и оперативно реагировать на изменение их потребностей, увеличить оборачиваемость дебиторской задолженности. Управление курсовыми рисками на основе применения современных методик работы с курсовыми рисками и назначения центра ответственности по управлению валютными рискам позволит снизить влияние данного фактора на конечный результат работы предприятия. Управление дебиторской задолженностью с применением системы скидок позволит сократить срок оборачиваемости дебиторской задолженности, что позволит получить экономический эффект в размере 53,75 тыс. р.

УДК 338.2

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АССОРТИМЕНТНОЙ СТРАТЕГИИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА РЫНКЕ

А. О. ДУДЕНКОВА, М. А. МЕЛЬНИКОВА
Научный руководитель О. Д. МАКАРЕВИЧ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Проблема обеспечения и повышения конкурентоспособности текстильного предприятия становится в современных условиях особенно актуальной. На рыночном пространстве редко предлагаются уникальные новые продукты, и предприятия сталкиваются с необходимостью конкурировать с многочисленными конкурентами, что и требует разработки ассортиментной стратегии. Для развития конкурентоспособности могилевского текстильного предприятия предлагается разнообразить основной ассортимент тканей для специальной функциональной одежды. В 2023 г. востребованными к продвижению будут ткани со свойствами нового уровня, такие как:

- огнезащитные для защиты от открытого огня и высоких температур, огнезащитные антистатические;
- ткани для форменной одежды силовых структур с улучшенными физико-механическими свойствами.

На сегодняшний день для ОАО «Моготекс» перспективным является рынок специальной (корпоративной) и форменной одежды. Оценка общей потребности в тканях на 2023 г. для форменной одежды силовых структур РФ с учетом срока носки позволил обобщить данные о количестве тканей, которое сможет ОАО «Моготекс» произвести для РФ в соответствии с потребностью на рынке и возможностями самого предприятия (табл. 1).

Табл. 1. Данные о возможностях ОАО «Моготекс» в удовлетворении потребности ведомственных структур РФ в тканях различного назначения

Наименование и назначение ткани	Возможный выпуск тканей	
	тыс. п. м	доля на рынке, %
Для летней одежды	1 350	21,27
Для зимней и демисезонной одежды	1 150	10,97
Подкладка для зимней и демисезонной одежды	1 270	10,80
Сорочка форменная	250	20,83
Для рубашки форменной	350	12,28
Для тренировочных костюмов	200	12,79
Итого	4 570	13,48

По результатам расчетов получено, что при замене невостребованных тканей на рынке путем модернизации выпускаемых тканей ОАО «Моготекс» может удовлетворить потребность в тканях различного назначения ведомственных структур РФ на 13,48 %, что позволит получить дополнительный эффект в виде роста маржинальной прибыли на 2 329 тыс. р.

УДК 330

НАПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИЙ
НА БАЗЕ ЭКОСИСТЕМ

Е. А. КИРИЛЛОВА

Научный руководитель М. И. ДЛИ, д-р техн. наук, проф.
Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске
Смоленск, Россия

Инновации в настоящее время являются неотъемлемым элементом всех производственно-хозяйственных систем, пронизывая практически все процессы их деятельности и лежащие в основе их конкурентоспособности и устойчивости в стратегической перспективе. Вместе с тем, вопросы обеспечения создания и тиражирования остаются достаточно актуальными, особенно в аспекте текущих посткризисных условий, вызванных пандемией и мерами по борьбе с ее последствиями. Стремительная трансформация внешних и внутренних условий производственно-хозяйственных субъектов и отношений между ними в совокупности с сетевым характером этой деятельности определяют потребность в комплексном подходе к управлению инновационными процессами на основе экосистем [1], реализующих интегрированную форму коволюционного конкурентного партнерства элементов, направленную на создание устойчивых ценностей отдельных участников интеграции и всей системы в целом. Соответственно, появление новых форм взаимодействия производственно-хозяйственных субъектов, таких как инновационная экосистема, и потребность в их направлении, регулировании и координации влечет за собой изменение методико-инструментальной базы, в частности, в области поддержки и обеспечения ресурсами различного рода. Функции ресурсного обеспечения (в том числе и в финансовом аспекте) инновационных экосистем возможно осуществить на базе принципов партнерского банкинга и механизмов инновационного государственно-частного партнерства. Это позволит тесно взаимоувязать все субъекты инновационного процесса в единый поток по созданию ценности, получить максимальные синергетический, кумулятивный и мультипликативный эффекты, разделить риски по созданию и коммерциализации инноваций и сформировать более устойчивую в стратегической перспективе связь финансового и реального сектора экономики, способствующие развитию каждого из них в отдельности и интегрированного объединения в целом при сохранении контроля за критически важными объектами.

Работа выполнена при финансовой поддержке «Совета по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук» по проекту МК-4087.2021.2.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Matters of economic ecosystem classification / G. V. Chernova [et al.] // Journal of Applied Informatics. – 2021. – Vol. 16, № 1 (91). – P. 69–82.

УДК 658.8

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СБЫТОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ЗА СЧЕТ РАСШИРЕНИЯ ГЕОГРАФИИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОДУКЦИИ

О. С. КОЙДА, А. В. ПРОХОРОВА
Научный руководитель О. Д. МАКАРЕВИЧ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Проблема сбытовой деятельности белорусских предприятий лифтостроения при реализации продукции на экспорт в настоящее время приобрела наибольшую актуальность. ОАО «Могилевлифтмаш» – динамично развивающееся предприятие, ведущий производитель лифтов в СНГ. С целью активизации его экспортной деятельности был проведен анализ PESTLE для рынка Казахстана как перспективного для могилевского производителя. Результаты представлены на рис. 1.

Политические	Экономические
Государство не ставит никаких препятствий в ведении деятельности, связанной с продажей и монтажом лифтов. Государство строит и модернизирует дорожную инфраструктуру, железнодорожные вокзалы, больницы, школы. Неотъемлемым элементом каждой такой инвестиции и модернизации является лифт. Государство подводит под соответствие публичные учреждения для инвалидов в большинстве случаев посредством добавления лифта или подъемника к зданию	Несложность в ведении хозяйственной деятельности. ВВП в 2021 г. вырос на 4 %, инфляция составила 8,4 %. Стоимость оборотного кредита в Казахстане в 2021 г. от 1,5 % в масштабе года
Общественные	Технологические
Жители Казахстана переезжают из деревень и небольших городков в большие города, в результате этого в крупных городах появляются новые жилые дома, школы, больницы и т. п. Население Казахстана хочет жить более удобно – лифт становится необходимым элементом каждого здания	Рынку необходимы технологические новинки: например, получение энергии от рекуперативного торможения лифта (KERS). Первичный рынок требует исключительно лифты без машинного помещения
Правовые	Экологические
Рынок ожидает, чтобы лифт отвечал всем нормам и сертификатам. Прозрачность ведения хозяйственной деятельности, отсутствие коррупции, высокие стандарты охраны труда	Общественность делает большой упор на защиту окружающей среды посредством редукации использования энергии, заботы о чистоте воздуха и окружающей среды

Рис. 1. Анализ факторов PESTLE для рынка Казахстана

Реализацию лифтов на рынке Казахстана на основании проведенного экономического обоснования предложено осуществлять через посредника ТОО «Otan-Lift», в результате чего предприятие может увеличить выручку на 38 161,7 тыс. долл., прибыль от реализации – на 4 084,72 тыс. долл.

УДК 338.43

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ
ИННОВАЦИОННОГО ПИЩЕВОГО ПРОДУКТА

К. С. МАСЛОВА

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

В активном развитии инновационной исследовательской деятельности заключается перспективность такого направления, как инновационная экономика [1]. Современные решения технических и технологических задач в производстве позволяют повышать качество продукта и способствуют повышению его конкурентоспособности. Формирование фактора производства, связанного с повышением скорости передачи информации и внедрения инновационных знаний в производственный процесс, становится определяющим при сравнении динамики развития производств.

Коммерциализация инноваций является двигателем инновационной экономики и может быть реализована в рамках производства инновационного функционального продукта на основе сухой молочной сыворотки.

Продукт представляет собой сухую композитную смесь с единичными и агломерированными частицами сухой сыворотки, обеспечивающими его высокой биологической ценностью и фруктовыми или овощными измельченными порошками, увеличивающими функциональную направленность продукта [2].

Инновационность данного решения для производств молочной промышленности в возможности вторичного использования продукта переработки молока – молочной сыворотки – и получение дополнительного экономического эффекта от реализации функционального продукта питания при значительном повышении экологичности производства. Разработана технологическая схема высушивания сыворотки, которая позволяет снизить производственные затраты на утилизацию сыворотки и повысить эффективность производства.

Развитие инновационной экономики обеспечивает реализацию интеллектуального потенциала разработки в производственном секторе и возможность повышения конкурентоспособности молочно-перерабатывающих производств за счет внедрения инновационной технологии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Сидорова, А. И.** Инновационный подход к проектированию пищевых продуктов / А. И. Сидорова, М. Г. Куликова // Естественные и технические науки. – 2017. – № 5 (107). – С. 157–158.
2. **Аксенова, О. И.** Обоснование технологических решений при производстве продуктов питания повышенной биологической ценности / О. И. Аксенова, М. Г. Куликова // Агропродовольственная экономика. – 2017. – № 6. – С. 40–48.

УДК 338.24

ВНЕДРЕНИЕ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК В СИСТЕМЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Е. А. НАРКЕВИЧ

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

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Выявленные в исследовании негативные тенденции, диспропорции наиболее важных показателей распределительной логистики рекомендовано устранить в ОАО «Быховский КОСЗ» производством новой продукции – замороженных овощей, фруктов, ягод, грибов, что обеспечит повышение объемов экспортоориентированной продукции и импортозамещение на внутренних региональных рынках республики. Инновационно-инвестиционный вектор совершенствования системы управления распределением готовой продукции ориентирован на рост эффективности логистической системы по параметрам снижения издержкостоемкости как прямых, так и косвенных затрат завода, стабильный прирост прибыли от реализации, рентабельности реализованной продукции, рентабельности продаж, восстановления финансовой устойчивости и платежеспособности, что особенно важно в процедурах санации предприятия. По результатам проведенного исследования спроса на рынке замороженной продукции Европейского союза и анализа экспортных поставок ОАО «Быховский КОСЗ» за 2018–2021 гг. в разрезе географических сегментов установлены страны с высоким уровнем потенциала потребления: страны Прибалтики, Скандинавии. Произведен сравнительный расчет годовой экономической эффективности реализации замороженной продукции в системе распределения ОАО «Быховский КОСЗ» на экспорт в соответствии с перспективной линейкой сбыта продукции по странам, а также на внутреннем рынке Республики Беларусь. Рекомендовано внедрение прогрессивных технологий организации перевозки новой продукции: на внешнем рынке – с использованием мультимодальной перевозки «г. Быхов – г. Стокгольм»; на внутреннем рынке – замена маятниковых маршрутов на кольцевые маршруты. Мультимодальная перевозка обойдется на 58 % дешевле, чем автомобильная; время на доставку увеличится на 20 %. Рост качества перевозок в результате использования кольцевых маршрутов определил снижение затрат на маршрут для первого сектора на 610,5 р. или 56,53 %; для второго сектора – на 532,5 р. или 52,36 %. При реализации данного проекта распределения замороженной продукции в страны Евросоюза ОАО «Быховский КОСЗ» обеспечит прирост прибыли в размере 73 тыс. евро или 207 тыс. р.

УДК 338.24

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ОБОРОТНЫМИ СРЕДСТВАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Д. А. НИПАТРУК

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

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В аналитической части исследования установлен дисбаланс отдельных параметров эффективности управления оборотными средствами ОАО «Моготекс». Выявлены типичные финансовые проблемы, связанные с высоким уровнем операционного цикла (профиль показателя за 2018–2020 гг. 231,336; 204,097; 188,960 дней), в том числе производственного и финансового циклов, что в значительной мере определено длительностью оборота запасов; готовой продукции; дебиторской задолженности (в 2020 г. соответственно 33,196; 76,370; 60,934 дней (170,5 дней, или 90,32 % операционного цикла). В динамике исследуемого временного интервала установлены: значительное замедление оборачиваемости запасов готовой продукции, недостаток собственного финансирования инвестиций, дефицит собственных оборотных средств, диспропорции в сбалансированности дебиторской и кредиторской задолженности, что в совокупности представляет реальную угрозу устойчивому развитию предприятия (инновационно-инвестиционной устойчивости, рыночной устойчивости, финансовой устойчивости развития). В данных направлениях разработан комплекс взаимосвязанных мероприятий по повышению эффективности управления оборотными средствами в формате оптимизационных задач в управлении запасами сырья, готовой продукции, дебиторской задолженности.

В качестве решения обозначенных недостатков рассмотрены финансовые и управленческие технологии управления оборотными средствами:

- ускорение оборачиваемости запасов за счет оптимизации в задаче управления многономенклатурными производственными запасами;
- ускорение оборачиваемости готовой продукции за счет оптимизации стратегии взаимодействия с посредниками;
- ускорение оборачиваемости дебиторской задолженности по критерию устойчивого развития предприятия за счет оптимизации платежной дисциплины предприятия на основе матричной модели управления дебиторской и кредиторской задолженностями на базе ABC–XYZ-анализа; матрицы условий кредитной политики ОАО «Моготекс».

Приведенный комплекс мероприятий реализует комплексный подход к управлению оборотными средствами в системе устойчивого развития ОАО «Моготекс» и позволит размещать, сохранять и наращивать оборотные средства путем интегрированного управления его элементами. Он направлен на максимизацию доходов предприятия и рост эффективности управления.

УДК 330.341.1

АНАЛИЗ БЕЛОРУССКОЙ СТАРТАП-ЭКОСИСТЕМЫ

П. Е. РЕЗКИН

Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой
Новополоцк, Беларусь

Термин «стартап», впервые использованный в журнале Forbes в августе 1973 г. и Business Week в сентябре 1977 г., начал обозначать бизнес «с нуля». Проанализировав различные трактовки, стартап – это временная организация, созданная для поиска масштабируемой, повторяемой и прибыльной бизнес-модели в условиях экстремальной неопределенности с целью быстрого роста.

В ходе исследования изучено положение отечественных стартапов. Респондентам – представителям отечественного бизнеса – было предложено оценить белорусскую стартап-экосистему по нескольким критериям.

Выявлено, что несмотря на множество вариантов и возможностей для финансирования, стартапы испытывают в этом трудности. Сложным вопросом стала налоговая система стимулирования стартапов и сложность регулирования бизнеса. Среди благоприятных факторов создания стартапа в Беларуси были названы наличие талантливых команд и качественных ресурсов. Респонденты оценили довольно благоприятно наличие хороших примеров для подражания. Анализируя проводимые реформы в Республике Беларусь, были получены выводы: наблюдается сдвиг к более позитивной оценке проводимых реформ – 58,4 % респондентов воспринимают реформы как положительные, при этом 42,6 % называют положительными именно последние изменения в этой области.

Следует отметить успех отечественных стартапов. Friendly Data, основанный белорусскими разработчиками, прошёл отбор в международный акселератор 500 Startups, Bot Cube – в акселератор Boost VC в Кремниевой долине. Стартап Exponenta – в финский акселератор StartupSauna, стартап IQ Voxu – в американский акселератор Y Combinator. Четыре стартапа из Беларуси прошли обучение в эстонском акселераторе Startup Wise Guys. Американо-белорусский стартап Work Fusion привлёк 35 млн долл. инвестиций от группы компаний во главе с венчурным фондом Georgian Partners. Проект Ю. Гурского Flo привлёк 5 млн долл. от фонда Flint Capital, стартап Panda Doc – 15 млн долл. от фондов Rembrandt Ventures Partners, Microsoft Ventures, Hub Spot и др. Стартап Vanuba получил 5 млн долл. от инвестиционного фонда Larnabel Ventures и инвестиционной компании VP Capital. Фонд прямых инвестиций «Зубр Капитал» инвестировал в компании Active Platform, Active Cloud, крупнейший белорусский e-commerce 21vek.by, автоклассифайд av.by, в производителя флексоупаковки «Унифлекс» и был признан ресурсом PitchBook.com самой активной инвесткомпанией в Центральной и Восточной Европе.

Таким образом, инновационные стартапы представляют собой потенциально важный сектор развития белорусской экономики. Это особенно справедливо в конкурентном контексте, который стал всё более глобальным.

УДК 338.24

О НЕОБХОДИМОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

С. А. РУБЛЕВА

Научный руководитель Ю. М. АВЕРИНА, канд. техн. наук, доц.
Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
Москва, Россия

В последние десятилетия в процессах развития стран или их отдельных территорий неуклонно возрастает роль инноваций, которые становятся залогом устойчивого экономического роста, а также повышения уровня и качества жизни населения [1]. В свою очередь, введение инноваций влияет на экономику страны.

Инновационную экономику исследователи рассматривают как:

- тип экономического развития, основанный на инновациях;
- этап развития общества и экономики (синоним экономики знаний) стратегию экономического развития;
- фактор развития общества или совокупность факторов развития;
- экономику инноваций, инновационную деятельность;
- инновационный потенциал общества.

Все эти понятия объясняют прямолинейную зависимость развития общества от инновационного потенциала. Анализ инновационной экономики приводит к неразрывности этого понятия с научно-техническим прогрессом, внедрением инноваций и влиянием их на уровень жизни населения. Постоянный поиск наилучшей доступной технологии с последующим использованием в реальном секторе экономики является двигателем научно-технической революции сегодняшнего дня, в особенности в вопросах глобальной автоматизации. Однако не стоит забывать, что области внедрения инноваций могут быть использованы в различных отраслях от новой технологии в производстве лекарств до приложения, в котором собрана информация о реестре доноров костного мозга.

Тематика инноваций существенно зависит от запросов общества. Так, анализ индийской модели инновационного развития приводит к четкой зависимости между основным спросом общества и задачами, которые стремятся решать инновации. Индия имеет тенденцию к поддержке бережливых инноваций, основанных на поддержке определенных слоев населения.

В случаях, когда инновации напрямую не влияют на общество, воздействие оказывается на окружающую среду. Улучшение внешних условий, увлечение продолжительности жизни и ещё множество факторов, вызывающих прогресс развития общества.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чуб, А. А. Взаимосвязь стратегических программ развития регионов с инновационной деятельностью вузов в Российской Федерации / А. А. Чуб, В. Н. Крючков // Инновации и инвестиции. – 2017. – №. 4. – С. 7–13.

УДК 338.24

УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ
НА ПРЕДПРИЯТИИ

В. В. СТЕПАНОВА

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

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В исследовании приведены результаты технико-экономического обоснования инвестиционного проекта модернизации действующих в ООО «Полимер» экструзионных линий на основе расчета динамических показателей (ставка дисконтирования, учитывающая риски проекта, определена в размере 15,2 %). Цель инвестиционного проекта – цифровизация, автоматизация и рационализация производственных бизнес-процессов с вектором роста эффективности производства полимерных пленок по комплексу используемых ресурсов (информационных, материальных, финансовых, трудовых ресурсов). Тип проекта – повышение информационно-технологического уровня производственного процесса в ООО «Полимер». Способ достижения цели – обеспечение высокотехнологичного процесса производства полимерных пленок. Перспективный анализ выручки от продаж в результате реализации инвестиционного проекта модернизации одной экструзионной линии произведен исходя из производительности до модернизации в среднем 235 кг/ч, в размере 158 т в месяц ($235 \text{ кг/ч} \times 28 \text{ дн.} \times 24 \text{ ч} / 1000$). После модернизации объем производства в месяц установлен на уровне 188 т ($280 \text{ кг/ч} \times 28 \text{ дн.} \times 24 \text{ ч} / 1000$). Прирост производительности линии экономически обоснован в размере 20 %. Годовые затраты на электроэнергию рассчитаны с учетом технологических особенностей и параметров работы загрузчиков сырья. Замена шнековых загрузчиков на вакуумные обеспечивает экономию в размере 317,2 тыс. р. или 1 % относительно уровня затрат на электроэнергию 2020 г. Произведены расчет и экономическое обоснование экономии затрат по статьям: материальных затрат в результате уменьшения технологических отходов производства; фонда заработной платы с учетом отчислений в бюджет; отходов от брака. В расчетах динамических параметров эффективности инвестиционного проекта единовременные капвложения взяты без учета процесса дисконтирования, т. к. приходятся на январь – февраль 2022 г. Чистая дисконтированная стоимость определена в размере 18 812,1 тыс. р., следовательно, доходность проекта выше 15,2 %. Срок окупаемости проекта установлен в размере 0,5 года ($8\,768,5 / (56\,436,2 / 3)$), что соответствует высокому уровню маржинальности рекомендованного проекта. Внутренняя норма доходности установлена в размере 86 %, что значительно выше ставки дисконта, процентов по депозитам. Рассмотрены сформированные в формате реализации проекта конкурентные преимущества производства: повышение культуры производства, информационно-технического обслуживания производственных бизнес-процессов.

УДК 338.24

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К МЕХАНИЗМУ УПРАВЛЕНИЯ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ

М. А. СТЕПАНОВА

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

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В аналитическом блоке исследований производительности труда РУП «Могилевское отделение белорусской железной дороги «Могилевская дистанция пути» с использованием инструментария детерминированного и стохастического факторного анализа установлено: в 2020 г. производительность труда по объемному показателю составила 8,26 млн т·км/чел. и уменьшилась по сравнению с 2019 г. на 0,61 млн т·км/чел., или 6,9 %, что в значительной мере определено снижением объема перевозок, потерями рабочего времени. Результаты регрессионного анализа показали, что гипотеза о том, что среднегодовая выработка рабочего зависит от количества автоматизированных операций, количества дней в году, ухудшающих условия труда монтеров, и удельного веса услуг сторонним организациям подтверждается. Соответственно, рекомендованы мероприятия по повышению производительности труда в РУП «Могилевское отделение белорусской железной дороги «Могилевская дистанция пути»:

– снижение трудоемкости услуг по содержанию железнодорожных путей за счет автоматизации процесса поддержки плана и профиля на пути и стрелочных переводах: экономически обоснован проект приобретения выправочно-подбивочно-рихтовочной машины для стрелочных переводов Plasser 08-275/3S. Экономический эффект проекта: высвобождение контингента рабочих-монтеров пути на 19 чел.; снижения эксплуатационных расходов на текущее содержание пути, экономия фонда оплаты труда с начислениями высвобождаемого контингента монтеров в сумме 629,48 тыс. р.;

– сокращение потерь рабочего времени при устранении влияния фактора погодных условий за счет минимизации периода нахождения монтеров в плохих погодных условиях позволит сократить потери рабочего времени как целодневные, так и внутрисменные. Экономический эффект от сокращения целодневных и внутрисменных потерь рабочего времени: увеличение объема производства продукции, работ, услуг – на 718,4 тыс. р., увеличение прибыли от реализации продукции – на 20,1 тыс. р.;

– увеличение объема оказания услуг сторонним организациям по содержанию и обслуживанию железнодорожных путей за счет распределения высвободившегося контингента монтеров. Экономический эффект: увеличение объема производства продукции, работ, услуг – на 613,4 тыс. р., увеличение прибыли от реализации продукции – на 55,8 тыс. р.

УДК 658

ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛА МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

А. О. ЧУКОВА

Научный руководитель Т. В. РОМАНЬКОВА, канд. экон. наук, доц.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Потенциал материально-технического снабжения промышленного предприятия представляет собой возможности субъекта хозяйствования по поступлению материальных ресурсов, обеспечивающих бесперебойность производственной деятельности.

Он является одним из важнейших, т. к. оказывает непосредственное влияние на всю структуру и степень развития логистического потенциала предприятия на основе следующих параметров:

– своевременность поставок материальных ресурсов. Только лишь при поставке материально-технических ресурсов в срок производственный и сбытовой потенциалы предприятия будут реализованы в соответствии с намеченными планами. Поэтому в качестве показателя оценки целесообразно использовать коэффициент своевременности поставок материальных ресурсов;

– выполнение договорных обязательств поставщиками по объему поставляемых ресурсов. Нарушение объемов поставки негативно влияет на равномерность и ритмичность производственной деятельности и процесса распределения. Это влечет за собой дополнительные затраты, выраженные штрафами из-за невыполнения договорных обязательств по отгрузке готовой продукции и ростом заработной платы за сверхурочные или работу в выходные дни. Показатель оценки – коэффициент выполнения договорных обязательств по объему поставки;

– качество поступающих материальных ресурсов и их комплектность являются важнейшими факторами обеспечения выпуска качественной и конкурентоспособной продукции, оказывающей положительное воздействие на логистический потенциал предприятия и его дальнейшее развитие. Показатель оценки – коэффициент соответствия качества и комплектности поступающих материальных ресурсов;

– деятельность по материально-техническому снабжению должна быть эффективной. Это обеспечивается за счет соблюдения всех вышепредставленных показателей с наименьшими затратами. Показатель оценки – доля затрат на снабжение в общих затратах предприятия.

Таким образом, применение всех показателей позволит комплексно оценить потенциал материально-технического снабжения как структурного элемента логистического потенциала промышленного предприятия и разработать стратегию развития.

УДК 330.341.13

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НЕКОТОРЫХ НАПРАВЛЕНИЙ
ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

С. Д. ЮХНЕВИЧ

Научный руководитель В. Н. СТЕПАНЕНКО, канд. техн. наук, доц.
Белорусская государственная академия авиации
Минск, Беларусь

В современных условиях одним из важнейших аспектов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ является экономическая эффективность разработок. Ключевую роль играет состояние рынка в тот или иной момент времени. На сегодняшний день имеет место интенсивная динамика роста электрических мощностей гелиоэнергетики, получаемых с помощью преобразователей солнечной энергии. В 2000 г. суммарная мировая электрическая мощность составляла около 1 ГВт, в 2020 г. ее величина возросла до отметки примерно 66 ГВт, а к 2030 г. прогнозируется достижение значения около 100 ГВт [1].

В данной работе приведено описание проекта «Фторидно-гидридная технология производства поликристаллического кремния и фторсодержащих материалов из отходов переработки апатитов».

При переработке фторсодержащих руд в целях производства минеральных удобрений образуется большое количество фтористых соединений. Основным отходом производства является кремнефтористоводородная кислота (КФК).

Рассматриваемая в рамках данного проекта фторидно-гидридная технология переработки КФК позволяет получить высокочистый поликристаллический полупроводниковый кремний (ПКК), а также иные имеющие коммерческую ценность продукты: фторид натрия, тетрафторид кремния, фторид кальция (флюорит). Спросом на мировом рынке пользуется также промежуточный продукт реакции – моносилан, используемый в изготовлении изделий микроэлектроники, плоских телеэкранов, солнцезащитных автомобильных стекол и других производств.

Главными особенностями технологии являются безотходность: продукты каждой реакции или задействуются в качестве реагентов для следующих этапов технологии, или поставляются потребителям; малая себестоимость продуктов: планируемая себестоимость ПКК составляет 17 долл./кг, но при уменьшении выпуска готовой продукции и увеличения поставок потребителям промежуточных продуктов реакций себестоимость ПКК может быть снижена практически до нуля; энергетическая эффективность: общий тепловой эффект реакций, протекающих при реализации данной технологии, отрицательный.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новая технология ускоренного освоения солнечной энергии / А. И. Карелин [и др.] // Промышленная теплотехника. – 2004. – Т. 26, № 5. – С. 61–66.

УДК 330.341.13

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НЕКОТОРЫХ НАПРАВЛЕНИЙ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГЕЛИОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

С. Д. ЮХНЕВИЧ

Научный руководитель В. Н. СТЕПАНЕНКО, канд. техн. наук, доц.
Белорусская государственная академия авиации
Минск, Беларусь

Перспективность разработок в области гелиоэнергетики обосновывается стабильным повышением спроса на преобразователи солнечной энергии. Авторами предлагается к рассмотрению ряд проектов из данной области.

Проект 1. Разработка солнечной энергетической установки с замкнутым газожидкостным циклом.

Проектируемая солнечная энергетическая установка (СЭУ) будет обеспечивать прямое преобразование тепловой солнечной энергии в механическую и использоваться в качестве двигателя для объектов или двигателя для различных технических устройств: электрогенераторов, насосов и др. Концепция проектируемой СЭУ определяется следующими свойствами: экономичность, экологичность, модульность конструкции, низкий уровень шума, простота и безопасность эксплуатации. Описание конструкции и принципа работы СЭУ приведено в [1].

Как показали предварительные расчеты, спроектированная в качестве примера СЭУ мощностью 830 Вт имеет следующие материальные аспекты: полная себестоимость разработки – 5350 долл.; полная окупаемость проектируемой энергоустановки при сравнении с бензиновым электрогенератором такой же мощности будет достигнута на четвертом году эксплуатации; расчетная рентабельность – 129 %.

Проект 2. Реинжиниринг электрической станции «Памир-630Д».

«Памир-630Д» – передвижная атомная электростанция электрической мощностью 630 кВт, размещенная на автомобильном шасси. Разработана в Институте ядерной энергетики АН БССР. В 1988 г. работы по проекту «Памир-630Д» были остановлены из-за аварии на Чернобыльской АЭС.

Реинжиниринг проекта «Памир-630Д» предполагает отказ от атомного реактора и его вспомогательных систем и использование в качестве источника энергии солнечной энергетической станции. Он обусловливается использованием готовых проектных разработок основной части станции и преобразователей солнечной энергии в механическую, а также использованием в качестве рабочего тела и теплоносителя четырехоксида азота, термодинамическая эффективность которой обоснована в [1].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шегидевич, А. А. Концепция солнечной энергетической установки для энергообеспечения полетов беспилотной авиации / А. А. Шегидевич, В. Н. Степаненко, С. Д. Юхневич // Авиационный вестник. – 2021. – № 4. – С. 49–54.

УДК 372.862

ПЕРСПЕКТИВЫ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ И АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ

З. Д. ЗАКИРОВ

Научный руководитель Р. Ф. ЮНУСОВ, канд. техн. наук, доц.
Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А. Н. Туполева – КАИ
Казань, Россия

XXI в. характеризуется бурным развитием постиндустриального общества, производственными ресурсами которого считают информацию и знания. Однако первообразная информация в большинстве случаев существует на английском языке. Поэтому развитие гуманитарного образования, а именно повышение качества обучения иностранному языку, является необходимым фактором для возвращения перспективных технических специалистов.

Основной проблемой в этом деле можно назвать отсутствие практического применения языка в процессе изучения профессионально-ориентированных предметов. Наилучшим образом данную проблему решает внедрение в процесс обучения метода ESP, при котором обеспечивается подход преподавания, в котором ключевую роль при отборе содержания учебного материала и методов выполняют реальные потребности обучаемых в использовании иностранного языка. Было изучено междисциплинарное взаимодействие физики и английского языка в образовательном процессе и выявлено, что особым образом методически скоординированное обучение технической дисциплине на иностранном языке позволяет не только повысить уровень владения иностранным языком, но и углубить знания в профессиональной сфере, что необходимо для специалистов мирового уровня. Языковая картина мира повышает качество технического образования студента, т. к. позволяет взглянуть на изучаемый предмет с разных точек зрения. Многие обозначения в физике обретают новый смысл, а физические формулы воспринимаются студентом абсолютно иначе через призму языковой картины мира. Например: «I» – сила тока – «current intensity». Выходит, что «I» – это совсем не сила, а интенсивность, отсюда и формула: заряд за время. Или вот оператор дивергенции через призму английского языка тоже понимается легче. Ведь в русском языке нет такого слова, а на английском «to diverge» переводится, как различаться. Идея подхода частично основана на гипотезах усвоения языка С. Крашена, т. к. процесс уяснения языка в технической сфере для технического специалиста подразумевается быть легче.

К сожалению, в большинстве школ и высших учебных заведениях иностранный язык преподается консервативным путем, не пересекаясь с другими предметами. Однако владение другим языком на то и нужно, чтобы иметь более широкий доступ к источникам информации. Это достигается при правильном внедрении языка в техническую сферу.

УДК 378

ГУМАНИТАРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

А. Ю. КОВАЛЕВА

Научный руководитель Н. Н. РЫТОВА, канд. ист. наук, доц.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Сегодня в технических вузах гуманитарная составляющая представлена кафедрами, которые обеспечивают преподавание социально-гуманитарного блока дисциплин. Условно их можно разделить на следующие три категории:

1) «сопровождающие гуманитарии» [1]. Гуманитарные кафедры, которые в соответствии с образовательными стандартами обеспечивают наполнение социально-гуманитарного блока дисциплин, на них также возлагается воспитательная функция;

2) «самостоятельные гуманитарии». Данная группа осуществляет непосредственную подготовку специалистов гуманитарного профиля. Наличие именно таких кафедр в технических вузах позволяет расширить спектр образовательных услуг, предлагаемых обучаемым, что способствует повышению конкурентоспособности учебного заведения на рынке образовательных услуг;

3) «исторически сложившиеся школы». Эта категория гуманитариев, с одной стороны, выполняет функцию сопровождения учебного процесса, с другой – они работают на основе давно сложившихся кафедр, имеющих богатый практический опыт работы в техническом вузе. Такие специалисты возвращают новые кадры, обладающие высокими профессиональными качествами. Это обусловлено тем, что именно данная группа гуманитариев хорошо знакома с проблемами той отрасли, для которой ведется подготовка специалистов в техническом вузе. Они способны идти в ногу со временем, не отставать от насущных проблем экономического развития страны. Открываемые такими кафедрами специальности являются востребованными на рынке труда. Примером может служить экономический факультет Белорусско-Российского университета. Здесь работают высококвалифицированные специалисты, которые на сегодняшний день осуществляют подготовку специалистов по таким профилям, как «Электронный маркетинг», «Транспортная логистика», «Управление инновациями». Таким образом, для технических вузов наиболее перспективной является именно третья группа специалистов гуманитариев.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Игнатенко, Е. В.** Развитие системы высшего образования: опыт социологического исследования / Е. В. Игнатенко, Л. Р. Лукьяненко // Изв. вузов. Сер. Социология. Экономика. Политика. – 2017. – № 1. – С. 76–82.

УДК 378.091

ОБ УЛУЧШЕНИИ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ЗА СЧЕТ
ГУМАНИТАРНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

С. Д. ЮХНЕВИЧ

Научный руководитель В. Н. СИВИЦКИЙ, канд. филол. наук, доц.

Белорусская государственная академия авиации

Минск, Беларусь

Важным аспектом эффективной подготовки специалистов является формирование заинтересованности обучающихся в получаемой специальности. Одним из ключевых факторов повышения мотивации к учебе целесообразно рассматривать усиление практико-ориентированности профессионального образования, направлением реализации которого может стать сотрудничество в учебно-научной сфере учреждений образования и отраслевых предприятий.

Белорусской государственной академией авиации (далее – БГАА) накоплен опыт сотрудничества с Минским аэроклубом ДОСААФ (далее – МАК). Предложена расширенная модель взаимодействия, в основе которой – практико-ориентированное изучение основ профильных специальностей, истории авиации при проведении ознакомительных экскурсий и учебных практик для курсантов с организацией научно-исследовательской работы обучающихся при решении прикладных задач реставрации, технического обслуживания и ремонта авиационной техники (далее – АТ). Разработанная модель предполагает взаимодействие структурных подразделений двух организаций: курсантского научного общества (далее – КНО) БГАА и Музея авиационной техники МАК. Пример: в ходе реставрации элементов летательного аппарата (далее – ЛА) выявилось, что на экспонате самолета Як-18 МАК отсутствуют элероны, изготовление которых не представляется возможным в условиях отдельно МАК или БГАА. В процессе реставрации обучающимися были осуществлены следующие операции: определение геометрических размеров и типа профиля крыла и элеронов самолета Як-18 по технической документации на данный тип ЛА; определение геометрических размеров нервюр элеронов с помощью силовой схемы самолета; определение геометрических размеров профиля (по справочнику аэродинамических профилей) для каждой нервюры элеронов; создание 3D-моделей нервюр элеронов; 3D-печать нервюр элеронов; сборка силового набора и обшивка элеронов; монтаж элеронов на экспонат. В итоге комплекс работ позволил курсантам приобрести навыки в области проектирования, конструирования, изготовления и ремонта АТ. Посредством ознакомления со специальной литературой имело место приобщение обучающихся к систематическому изучению истории авиации. Полученные знания и умения благотворно сказываются на развитии курсантов как будущих специалистов, повышая уровень общей эрудиции, технической грамотности и мотивации к учебе. Рассмотренная концепция предлагается для всех учреждений профессионального и гуманитарного образования.

Научное издание

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Материалы Международной
научно-технической конференции
молодых ученых
(Могилев, 27–28 октября 2022 года)

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

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

Компьютерный дизайн *Н. П. Полевничая*

Подписано в печать 18.10.2022. Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 10,70. Уч.-изд. л. 11,38. Тираж 25 экз. Заказ № 940.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.