

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

МАТЕРИАЛЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Материалы Международной
научно-технической конференции
(Могилев, 25–26 апреля 2019 года)

Могилев
«Белорусско-Российский университет»
2019

УДК 001
ББК 73
М 34

Редакционная коллегия: д-р техн. наук, проф. *М. Е. Лустенков* (гл. редактор); д-р техн. наук, доц. *В. М. Пашкевич* (зам. гл. редактора); д-р техн. наук, проф. *В. П. Куликов*; д-р техн. наук, проф. *С. Д. Семенюк*; канд. физ.-мат. наук, доц. *И. И. Маковецкий*; *И. В. Брискина* (отв. секретарь)

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

Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т ; редкол. : *М. Е. Лустенков* (гл. ред.) [и др.]. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2019. – 539 с. : ил.
ISBN 978-985-492-218-8.

В сборнике материалов конференции рассмотрены вопросы разработки прогрессивных технологических процессов в машиностроении, создания самообучающихся систем искусственного интеллекта для управления качеством и техническим уровнем изделий машиностроения, механизмы для технологической оснастки. Приведены результаты исследований в области современных технологий и машин сварочного производства, получения и обработки новых материалов и покрытий.

Рассмотрены вопросы проектирования, производства и эксплуатации транспортных средств. Приведены результаты исследований в области ресурсосберегающих технологий, конструкций и материалов в строительстве; математического моделирования; информационно-измерительной техники для контроля и диагностики объектов. Рассмотрены экономические аспекты деятельности промышленных предприятий Республики Беларусь, а также вопросы гуманитарной составляющей в вузах технико-технологического профиля.

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

УДК 001
ББК 73

ISBN 978-985-492-218-8

© Белорусско-Российский
университет, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Пленарное заседание

АЛЕКСАНДРЁНОК М. С. Финансовый механизм пенсионной системы Республики Беларусь: анализ, проблемы и направления развития.....	22
ПОЛЯКОВ А. Ю., СТЕПАНОВ А. А. Снижение энергоемкости процессов контактной рельефной сварки	25
ШУЛЬГА А. В., ХОМЧЕНКО А. В. Новые перспективы и приложения фотоники: внутрирезонаторная волноводная спектроскопия.....	28

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

АФАНЕВИЧ В. В., ПАШКЕВИЧ В. М. Инструмент для инерционно-импульсного раскатывания отверстий длинномерных деталей.....	33
ВЕЧКАНОВА М. В., ФАДИН Ю. М., ЛАЗЬКО Е. В. Исследования влияния конструкции разгрузочной части циклона на эффективность пылеулавливания.....	35
ГОСПОД А. В., КОЖЕВНИКОВ М. М., ШЕМЕНКОВ В. М. Алгоритмы управления лазерным 3D-сканером.....	37
ЖИГАЛОВ А. Н., ЖОЛОБОВ А. А., КЛЯУС О. Н. Методы упрочнения твердосплавного инструмента, их достоинства и недостатки.....	39
ЖОЛОБОВ А. А., ЖИГАЛОВ А. Н., БОГДАНОВ А. В. Особенности производства твердосплавного инструмента основными мировыми производителями.....	41
КАПИТОНОВ А. В., САСКОВЕЦ К. В., ЛЕБЕДЕВ М. В. Метод расчета погрешностей изготовления многопериодных дорожек планетарных передач с промежуточными телами качения.....	42
КАПИТОНОВ А. В., АНТОНЮК В. Е. Комплексный метод оценки точности изготовления планетарных передач.....	44
КЛЕМЕНТЬЕВА А. А., ФАДИН Ю. М. Вариантное проектирование центральной футеровки мельницы мокрого самоизмельчения «Гидрофол».....	46
КОЖЕВНИКОВ М. М., ШЕМЕНКОВ В. М., ИЛЮШИН И. Э. Программная система управления промышленными манипуляторами с учетом ограничений.....	48
КОКОРИН И. Н., НЕКРАСОВ Р. Ю. Повышение качества обрабатываемой поверхности инструментом с замкнутой системой теплоотвода.....	50

КОРОЛЁВ А. Ю., НИСС В. С., ПАРШУТО А. Э. Технология полирования с применением комплексного электрохимического и электролитно-плазменного воздействия в управляемых импульсных режимах.....	51
ЛАПТИНСКИЙ В. Н., РОМАНЕНКО А. А. Формула для расчета времени затвердевания отливки, полученной методом направленного затвердевания.....	53
ЛЕОНОВ В. М., КАМЧИЦКАЯ И. Д., ЩЁКОТОВ В. А. Металлографический анализ образцов после пневмовибродинамической обработки.....	54
МИРОНОВА М. Н. Адаптивная интеллектуальная система для решения технологических задач с использованием функциональных семантических сетей.....	56
НИКУЛЬШИН Е. В., КАМЧИЦКАЯ И. Д. Оптимизация стратегий финишной 3-осевой обработки поверхностей на фрезерном станке с ЧПУ.....	58
ПАРШУТО А. Э., КОРОЛЁВ А. Ю., БУДНИЦКИЙ А. С. Применение биполярных микросекундных импульсов для электрохимического полирования легкоокисляемых металлов и сплавов.....	59
ПОЛТОРАЦКИЙ С. Г., БЕЛАЯ М. А., ПЕЧКОВСКАЯ О. Е. Особенности формирования гранных отверстий сверлением.....	61
РОМАШОВА Е. А., ЛАЗЬКО Е. В., ЛАТЫШЕВ С. С. Повышение эффективности процесса измельчения в трубной шаровой мельнице.....	62
САМСОНОВА П. С., ЛОЗОВАЯ С. Ю., ЛОЗОВОЙ Н. М. Кинетика частиц двухкомпонентных смесей в смесителе с винтовым вертикальным рабочим органом.....	64
СВИРЕПА Д. М., СЕМЁНОВА А. С. Влияние магнитной силы, действующей на деформирующий шар раскатника.....	66
СЕМИКОПЕНКО И. А., СМЕРНОВ Д. В., СКИТОВ И. А. Дезинтегратор с эффективным междурядным пространством.....	68
ФЕДОРЕНКО А. М., ЛАДЕЕВ В. В. К вопросу выбора рациональной траектории концевой фрезы при вводе ее в зону обработки.....	70
ФЕДОРЕНКО А. М. Особенности обработки концевыми фрезами внутренних углов контура на станках с ЧПУ.....	71
ШАТУРОВ Д. Г., АНТОНОВА Е. Н. Расширение режущей способности твердосплавного лезвийного инструмента.....	72
ЮШКЕВИЧ Н. М., ИЛЮШИНА Е. В. Рентгенодифракционный анализ опытных образцов после пневмовибродинамической обработки.....	73

Секция 2. Машиноведение, детали машин и прикладная механика

АКУЛИЧ А. В., АКУЛИЧ В. М., ЛУСТЕНКОВ В. М. Управление процессом очистки запыленного воздуха в вихревых аппаратах.....	75
АКУЛИЧ А. В., ЛУСТЕНКОВ В. М., АКУЛИЧ А. А. Исследование технических характеристик группового прямоточного вихревого пылеуловителя	76
БЛАГОДАРНАЯ О. В., ПОНОМАРЕВА О. А. Кинематика кривошипно-ползунного механизма методом преобразования координат.....	77
ГРОМЫКО П. Н., ХАТЕТОВСКИЙ С. Н., ЮРКОВА В. Л., КОВАЛЬКОВ А. А. Снижение чувствительности выходных показателей эксцентриковых передач к погрешностям изготовления, сборки и упругим перемещениям звеньев при работе их под нагрузкой.....	79
ГРОМЫКО П. Н., КРИВОНОГОВА Е. Г., ТРУСОВ И. В., БРАТЕНКОВ В. В. Мотор-редуктор для тихоходных приводов на основе прецессионной передачи типа 2К-Н.....	80
ДАНЬКОВ А. М., ГОНЧАРОВ Ю. В. Реализация разделения силовых потоков в планетарной плавнорегулируемой передаче.....	82
ДУБОВИК Д. А., ПЕРШУКЕВИЧ Н. П., ШАНТЫКО А. С., ВЫРСКИЙ А. Н. Снижение нагруженности привода колеблющихся рабочих органов зерноуборочного комбайна	84
ДУБОВИК Д. А., ЧЕПЕЛЕВИЧ С. С., ШАНТЫКО А. С., ВЫРСКИЙ А. Н. Повышение надёжности механизма привода очистки зерноуборочного комбайна увеличением ресурса сайлент-блоков.....	86
КРИВОНОГОВА Е. Г., БРАТЕНКОВ В. В. Анализ факторов, влияющих на работоспособность звеньев прецессионного мотор-редуктора.....	88
ЛОСЕВ Д. Я., КОКОРИН И. Н. Усовершенствование конструкции ветрогенератора для электрофикации труднодоступных районов.....	90
ЛУСТЕНКОВА Е. С., РАЗГОНОВ М. В., МАШИН Ю. В. Особенности методики расчета сферической роликовой передачи с двухрядным сателлитом.....	92
ЛУСТЕНКОВА Е. С., МЕТЕЛИЦА Я. Н., МОИСЕЕНКО А. Н., КОМАР В. Л. Компьютерное моделирование кулачковых поверхностей, контактирующих с цилиндрическими роликами.....	93
МАКАРЕВИЧ Д. М., МАКАРЕВИЧ С. Д. Напряженно-деформированное состояние мобильного грузоподъемного устройства	94

МАКАРЕВИЧ С. Д., МАКАРЕВИЧ А. С., МАКАРЕВИЧ Д. М. Разработка диэлектрических ножниц для резки электропроводов при ликвидации чрезвычайных ситуаций с телескопическими рукоятками.....	96
ПОПКОВСКИЙ В. А., КАТЬКАЛО А. А., БОРОДИН Д. А. Сопоставительный анализ вариантов крепления анкерных болтов в грунте.....	98
ПРУДНИКОВ А. П. Сферическая передача с фиксированным расположением промежуточных тел качения	100
ПРУДНИКОВ А. П., ДЮКО О. А. Силовой анализ передачи с фиксированным расположением промежуточных тел качения	101
ПУЗАНОВА О. В. Построение математических моделей механизмов на основе уравнения Лагранжа второго рода	102
РОГАЧЕВСКИЙ Н. И. Расшифровка геликоидных частей боковых поверхностей эвольвентных зубьев в общем виде.....	104
РУДЕНКО С. П. Влияние точности изготовления на сопротив- ление контактной усталости зубчатых колес	106
СОКОЛ В. А., ПАРФИЕВИЧ А. Н. Методы и средства комплексного контроля эвольвентных цилиндрических зубчатых колёс.....	108

Секция 3. Технологии получения новых материалов и покрытий

АГАБЕКОВ В. Е., ГРУША В. П., КАРПИНЧИК Е. В., БОБРУЙКО Д. А. Определение возможности модифицирования чугуна ультрадисперсным порошком карбида кремния.....	110
АНДРИЕНКО В. М., ДУВАЛОВ П. Ю., ПУМПУР В. А. Модифицирование заэвтектического высокохромистого чугуна.....	112
БОБАРИКИН Ю. Л., ШВЕЦОВ А. Н. Исследование нагрева слоистых композиционных материалов при электроимпульсном воздействии.....	114
БРАНОВИЦКИЙ А. М., ЛЕБЕДИНСКИЙ Ю. А., ДЕМЕНТЬЕВ В. А. Моделирование теплопереноса при охлаждении непрерывно-литой заготовки из углеродистой стали.....	116
ГАЙДУК Ю. С., САВИЦКИЙ А. А. Газочувствительные свойства оксидных композиций $WO_3-In_2O_3$ и $WO_3-Co_3O_4$	118
ГРИЩЕНКО Ю. Н., ЛАНИН В. Л., РАТНИКОВ Е. С. Краевой эффект индукционного нагрева в зазоре магнитопровода.....	120
ГРУША В. П., БЕВЗА В. Ф., КОЗЛОВА Н. А. Влияние химического состава чугуна на твердость заготовок, полученных направленным затвердеванием.....	122

ДЯТЛОВА Е. М., СЕРГИЕВИЧ О. А., ШЕВЧЕНКО А. А. Получение пленочных покрытий на микропористых подложках различными методами.....	124
ЕМЕЛЬЯНОВ В. В., БОРДУСОВ С. В. Селективное плазмохимическое травление нитрида кремния к диоксиду кремния.....	126
КАРПИНЧИК Е. В., ЮЖИК Л. И., АГАБЕКОВ В. Е., БЕВЗА В. Ф. Ультрадисперсный порошок карбида кремния из производственных отходов.....	128
ЛАНИН В. Л., ПЕРВЕНЕЦКИЙ А. П., ЛАППО А. И. Лазерная размерная обработка кремниевых подложек 3D электронных модулей.....	130
ЛОВШЕНКО Ф. Г., ЛОЗИКОВ И. А. Применение TiH_2 для восстановления избыточных оксидов меди в модифицирующих лигатурах.....	132
ЛОВШЕНКО Ф. Г., ФЕДОСЕНКО А. С., СЕЛИВАНОВА Ю. В. Материалы аддитивных технологий.....	134
МАРУКОВИЧ Е. И., БЕЛЫХ А. Ю., КОВАЛЁВ А. М. Исследование переходной зоны в системе Al-Cu с использованием жидкофазного метода получения композиционных материалов.....	136
МАТЫС В. Г., АШУЙКО В. А., НОВИКОВА Л. Н. Защитные свойства конверсионных покрытий, полученных из молибдат-фосфатных растворов, на гальваническом цинке.....	138
МЕШКОВА В. В., КАЛИНИЧЕНКО А. С., ФЕЛЬДШТЕЙН Е. Э. Исследование триботехнических характеристик комбинированных оксидокерамических покрытий.....	140
НАТАРОВ В. Н., ГАЙДУК Ю. С., САВИЦКИЙ А. А. Углеродные квантовые точки, полученные термическим методом.....	142
НИСС В. С., АЛЕКСЕЕВ Ю. Г., ЯНОВИЧ В. А. Применение электролитов на основе органических растворителей для электрохимического полирования сталей с повышенным содержанием углерода.....	144
ОВЧИННИКОВ Е. В., ЛЯВШУК И. А., ВОЗНЯКОВСКИЙ И. А. Наноконпозиционные полимерные материалы триботехнического назначения.....	146
ОВЧИННИКОВ Е. В., ЧЕКАН Н. М., ЭЙСЫМОНТ Е. И. Гибридные методы упрочнения металлообрабатывающего инструмента.....	148
СТЕЦЕНКО В. Ю., ГУТЕВ А. П., БАРАНОВ К. Н. Наследственное модифицирование – способ повышения свойств отливок из силумина.....	150
СТЕЦЕНКО В. Ю., БАРАНОВ К. Н., ГУТЕВ А. П. Влияние вибрации глуходонного струйного кристаллизатора на качество отливок из силумина.....	151

ФЕДОСЕНКО А. С. Влияние химического состава шихты на размер частиц механически легированных порошков.....	152
ШЕЛЕГ В. К., ЛУЦКО Н. И., ЛАПКОВСКИЙ А. С. Микротвердость фаз мультимодального 3D-покрытия при различных параметрах его нанесения.....	154
ШЕПЕЛЕВИЧ В. Г. Микроструктура тройного сплава $\text{Bi}_{26}\text{In}_{39}\text{Sn}_{35}$	156
ШЕПЕЛЕВИЧ В. Г., ЩЕРБАЧЕНКО Л. П. Микроструктура быстрозатвердевших фольг сплавов системы висмут–олово.....	158
ЯКУБОВИЧ Д. И., ЛISOVAYA И. А. Подготовка изделий из серого чугуна для сварки трением.....	160

Секция 4. Сварка, родственные процессы и технологии

БОЛОТОВ С. В. Установка для исследования процессов управляемого переноса электродного металла при дуговой сварке...	161
ЕМЕЛЬЯНОВ С. Н., ПОПКОВСКИЙ В. А. Повышение прочностных показателей сварных точечных соединений.....	163
КОРОТЕЕВ А. О., КУЛИКОВ В. П., ФЕТИСОВА Е. А. Межваликовые несплавления при дуговой сварке в защитных газовых смесях на основе аргона.....	164
ЛУПАЧЕВ А. Г. Охрупчивание разнородных сварных соединений в технологических средах, содержащих водород.....	165
ЛЮБАНЕЦ Н. М., ЛУПАЧЕВ А. Г. Особенности дуговой сварки под слоем флюса толстостенных труб из аустенитных сталей.....	166
ПОЛЯКОВ А. Ю., СТЕПАНОВ А. А. О сопротивлении межэлектродной зоны процесса контактной рельефной сварки.....	168
СОЛОДКОВ М. Ж., СИНИЦА А. Н. Компьютерное моделирование температурных полей при сварке титана.....	169
ТАРАСЕНКО И. В. Патентная чистота объектов в сварочном производстве.....	170
ФЕТИСОВА Е. А., КОРОТЕЕВ А. О., КУЛИКОВ В. П. Перспективы применения нанодисперстных добавок в составе защитного газа при дуговой сварке.....	171
ФУРМАНОВ С. М., СМОЛЯР И. Н., МЕЛЬНИКОВ С. Ф. Разработка способа рельефной сварки с адаптивным управлением и устройства для его реализации.....	173
ЦЫГАНКОВ И. И. Особенности формирования обратного валика стыкового сварного соединения на тонкостенных корпусах конусно-цилиндрической формы из сплавов системы Al-Mg-Cu	174
ЮМАНОВ Д. Н., ЯКОВЕНКО Л. В., ЧЕШКИН В. Г. О формировании соединений при т-образной рельефной сварке плиты переходной сиденья троллейбуса.....	175

ЯКУБОВИЧ Д. И. Увеличение твердости наплавленного металла при использовании карбидов в покрытии электродов.....	176

Секция 5. Транспортные и технологические машины

АНТИПЕНКО Г. Л., СУДАКОВА В. А. Дефекты гидромеханических трансмиссий и методы их выявления.....	177
БЕРЕСТОВ Е. И., КУЛАБУХОВ А. В., КУТУЗОВ В. В. О возможности снижения энергоемкости процесса поворота гусеничных движителей.....	179
ГОРБАТЕНКО Н. Н. Обзор схем гидравлических систем автоматических коробок передач большой мощности.....	180
ГУРКИНА А. В., СИВАЧЕНКО Л. А. Результаты экспериментов по вибростержневому упрочнению деревянных поверхностей	182
КОРЗУН И. М., СИВАЧЕНКО Л. А. Результаты экспериментальных исследований пружинного грохота.....	184
КУРГУЗИКОВ А. М., КУЗНЕЦОВ Е. В. К проблеме внутреннего шлифования износостойких покрытий при восстановлении полых цилиндров деталей машин.....	186
КУРГУЗИКОВ А. М., БЕРЕСНЕВ В. В. Пути повышения интенсивности и эффективности тонкого и сверхтонкого измельчения минеральных материалов.....	187
ЛЕСКОВЕЦ И. В., СЁМЧЕН В. И., НАУМЕНКО А. Е. Выбор параметров механизма подъема электротали.....	188
МАТВЕЕНКО В. И. Особенности диагностирования канатов, приборов и устройств безопасности грузоподъемных кранов.....	190
МРОЧЕК В. И. Гидросистема управления рабочим оборудованием фронтального погрузчика.....	191
ПАПУНИН А. В., МАРКОВНИНА А. И., МАКАРОВ В. С. Модель преодоления рва с разрушаемыми стенками машиной с колесной формулой 6х6.....	192
СЁМЧЕН В. И., НАУМЕНКО А. Е., ЛЕСКОВЕЦ И. В. О проведении плано-высотной съемки подкрановых путей грузоподъемных кранов.....	194
СМОЛЯР А. П. Об оптимизации режущих элементов машин для разработки грунтов.....	196
СОТНИК Л. Л., ХУСТЕНКО А. Н. К вопросу классификации существующих измельчителей.....	198
ХУСТЕНКО А. Н., ДЫДЫШКО И. М., СОТНИК Л. Л. К вопросу помола материалов в пружинной мельнице.....	200

Секция 6. Проектирование, производство и эксплуатация автомобильного транспорта

АМЕЛЬЧЕНКО Н. П., БИЛЫК С. Ю., БОЧКАРЕВ Г. В. Методы упрощения динамических моделей.....	202
БИЛЫК С. Ю. Критерий формирования сигналов управления превентивной передачи мощности колесам активного полу-прицепа/прицепа.....	204
ГЕРАЩЕНКО В. В., КОВАЛЕНКО Н. А., ТАРАН А. Э. Измерительное цифровое устройство стенда тяговых качеств.....	206
ГОБРАЛЕВ Н. Н., ЛЕВЧЕНКО А. Н. Комбинированная ротация колес – возможная альтернатива сезонной смены автомобильных шин.....	208
ЖАРАВОВИЧ Е. В., ФОЙНИЦКАЯ И. Н. Эксплуатация автомобильного транспорта и экология.....	210
КОВАЛЕНКО Н. А., ГЕРАЩЕНКО В. В., ТАРАН А. Э. Устройство для повышения эффективности работы автомобилей с автоматической коробкой передач.....	211
ЛЕБЕДЕВ Д. И., РОГОЖИН В. Д. Актуальность разработки методики проектирования мобильных диагностических комплексов для определения технического состояния автомобилей после ДТП....	213
ЛОБАХ В. П., ШАРКОВ В. Н., РАДЕВИЧ А. А. Метод диагностирования АБС автомобиля	215
ЛОБАХ В. П., ШАРКОВ В. Н., РАДЕВИЧ А. А. Стенд для диагностирования АБС автомобиля	217
ЛЯХОВ С. В. Исследование удельной цены прохождения техосмотра автотранспортных средств.....	219
ЛЯХОВ С. В. Направления развития беспилотного автотранспорта.....	221
МЕЛЬНИКОВ А. А., МЕЛЬНИКОВ А. С., АМЕЛЬЧЕНКО Н. П. Обоснование источников первичной информации и критериев формирования сигналов управления системы активной безопасности двухколесных машин.....	223
МЕЛЬНИКОВ А. А., МЕЛЬНИКОВ А. С. Требования при разработке тормозного механизма для двухколесной мобильной машины.....	224
МИГУРСКИЙ Г. С. Повышение проходимости автомобиля с колесной формулой 6х2.....	225
ПЕРОВ А. Ю., РОГОЖИН В. Д. Актуальность совершенствования управления возрастной структурой парка автомобилей на стадии проектирования.....	227
ПЕТРЕНКО М. Л., ЮШКЕВИЧ А. В. Источники информации для повышения управляемости мотоцикла в тяговом режиме	229

ШАШЕНКО С. Ф., КИМ В. А. Сравнительный анализ тормозных механизмов колесных машин и перспективы их совершенствования.....	230

Секция 7. Прогрессивные технологии, конструкции и материалы в строительстве

АЛЕКСАНДРОВ Д. Ю. Пути совершенствования технологии приготовления асфальтобетонных смесей на основе мелкого заполнителя.....	231
ГОЛУШКОВА О. В., ПОЛИТЫКО А. А. Технико-экономическое обоснование выбора варианта конструктивного исполнения пандусов.....	233
ГОЛУШКОВА О. В., КОЛЯДА А. В., ГОЛУШКОВ А. М. Технологии информационного моделирования зданий при строительстве...	234
ГОМЕЛЮК И. В., САМОЛЫГО Т. С. Георадарные исследования объектов искусственного происхождения.....	236
ГОРБЕНКОВА Е. В., ЛЕБЕДЕВА Ю. Н., БРОДОВА О. И. Программа цифровой трансформации электроэнергетики.....	238
ГОРБЕНКОВА Е. В., ЛЕБЕДЕВА Ю. Н. Особенности использования природных материалов в дорожном строительстве....	240
ДАНИЛОВ С. В. Технические решения по устройству оголовка конструкции усиления железобетонной колонны.....	242
ДАНИЛОВ С. В., ШАПЕЛЬ М. В. Технические решения по усилению железобетонных многопустотных плит.....	244
ДИВАКОВ В. В., КУТУЗОВ В. В. Применение BIM-технологий при проектировании сооружений и транспортной инфраструктуры...	246
ИГНАТОВ С. В., АДНАРОГАЯ А. В. Особенности определения характеристик грунтов по национальным и европейским нормам....	248
ИГНАТОВ С. В., ВИЛИВЧЕНКО И. В. Применение шпунтов для крепления вертикальных откосов.....	250
КАТКОВ В. А., КУРНОСЕНКО Л. В. Энергоэффективные ограждающие конструкции в жилых зданиях малой этажности.....	252
КАТЬКАЛО Ю. А., КАТЬКАЛО А. А. О точности определения геометрической конструкции и параметров закругления автомобильной дороги.....	253
КОМИССАРОВА Я. В., КУТУЗОВ В. В. Применение 3D-моделирования при проектировании транспортной инфраструктуры.....	255
КОРЗАЧЕНКО Н. Н., СЕРГЕЕВ А. И., КИРДА С. В. Опыт применения бетона в сооружениях с длительным сроком эксплуатации в условиях радиации.....	257
КУДЛАЕВ К. А., ШАРОЙКИНА Е. А. Обоснование внедрения в ЦБЗ рессорно-стержневой мельницы.....	259

КУРНОСЕНКО Л. В., КАТКОВ В. А. Выбор оптимального числа монтажных кранов для массового строительства однотипных объектов.....	260
КУТУЗОВ В. В., КУЛАБУХОВ А. В., БРИЛЕВА П. А. Придорожный сервис Республики Беларусь.....	261
ЛЕОНОВИЧ И. А. Выбор материала фибры для дисперсного армирования бетона.....	262
ЛОБИКОВА Н. В., ЛОБИКОВА О. М., ГАЛЮЖИН С. Д. Многокритериальная оценка энергосберегающих технологий в строительстве	264
ЛОБИКОВА Н. В., ЛОБИКОВА О. М., ГАЛЮЖИН С. Д. Применение энергоэффективных вентиляционных систем при строительстве и реконструкции зданий.....	266
МАКАЦАРИЯ Д. Ю., СКВОРЦОВ Е. Ю., КУРАШОВ С. В. Методы ремонта асфальтобетонного дорожного покрытия и обеспечение безопасности движения.....	268
МАКАЦАРИЯ Д. Ю., ЯНУЩИК А. В., СМАГУЛА А. И. Анализ интенсивности дорожного движения на основных магистральных улицах г. Могилева.....	270
МАРКО О. Ю., КОРБУТ Е. Е. Твердение бетона с добавкой «УКД-1» с начальным разогревом и кратковременным прогревом.....	271
МИХАЛЬКОВ В. С., МИХАЛЬКОВ А. Д. Повышение прочности строительных материалов в процессе механоактивации.....	273
МИХАЛЬКОВ Д. В., КОТОВ А. Ю., МИХАЛЬКОВ А. Д. Информационное моделирование зданий в жизненном цикле строительства.....	274
МИХАЛЬКОВ Д. В., МИХАЛЬКОВ В. С., ЛИБАК А. Ю. Целесообразность вертикального озеленения в климатических условиях Республики Беларусь.....	275
МОСКАЛЬКОВА Ю. Г. Эффективный процент армирования керамзитобетона полипропиленовой фиброй.....	276
НОСКОВ И. В., СВИДЕРСКИХ А. В. Работа свай винтовых конусно-спиральных (СВКС) при воздействии сил морозного пучения.....	277
ОПАНАСЮК И. Л., АНИЩЕНКО Я. В., ОПАНАСЮК Л. Г. Уплотнения грунтов обратных засыпок пазух фундаментов.....	279
ОПАНАСЮК И. Л., КУВШИНОВ И. В., ДАЛЕЦКИЙ А. Р. Капитальный ремонт совмещенных мягких рулонных кровель с использованием пенополиуретана.....	280
ПЕЛАГЕЙКИН С. А., ПАРАХНЕВИЧ В. Т. Расчет расхода грунтовых вод с учетом высоты насыпи автомобильной дороги.....	282
ПОЛЯКОВА Т. А., ТКАЧЁВ Д. Н. О проблемах организации движения в зимний период.....	284

ПУМПУР В. А. Сравнительный анализ современных способов утепления жилых деревянных домов.....	285
ПУНЦЕЛЬ Д. О., КОРБУТ Е. Е., ПОДДУБСКИЙ А. В. Использование керамического кирпичного боя в качестве заполнителя для легких бетонов.....	287
СЕМЕНЮК Р. П., ХЛИМАНЦОВ А. И., БОРОВИЦКИЙ П. А. Утеплитель с использованием отходов полимеров и кордной нити.....	288
СЕМЕНЮК С. Д., КОТОВ Ю. Н. Железобетонные подпорные стены.....	289
СЕМЕНЮК С. Д., МОРОЗОВ И. В. Использование отходов различных производственных процессов для изготовления легких бетонов.....	291
СЕМЕНЮК С. Д., КУМАШОВ Р. В. Дифференциальное уравнение изгиба железобетонной плиты с трещинами.....	293
СЕРГЕЕВА А. М., ТКАЧЁВ Д. Н., МОРГУНОВ А. А. Особенности обеспечения защиты откосов дорожного полотна.....	295
СЕРГЕЕВА А. М., ФЁДОРОВ В. Н., ШАПОВАЛОВ В. В. Искусственные дорожные неровности и их влияние на окружающую среду.....	297
СИЛИН Р. В., КАСЬЯНОВ В. Ф. Количественные методы в оценке качества функционального зонирования городских парков.....	299
СКАЧЁК П. Д. Напряженное состояние шарнирного узла опирания балочной плиты при различном показателе гибкости.....	300
СУХОВАРОВА Н. В., ЗАРОВЧАТСКАЯ Е. В. Моделирование дорожного движения на перекрестке улицы Николая Островского и Пушкинского проспекта.....	302
ШАРОЙКИНА Е. А., САМОЛЫГО Т. С. Исследования транспортного шума придорожной городской полосы.....	304
 Секция 8. Контроль и диагностика промышленных объектов и окружающей среды	
АФАНАСЬЕВ А. А., БОРИСОВ В. И., КАЗАЧЕНКО Н. И. Фокусирующий пьезоэлектрический преобразователь на основе кольцевых решеток.....	306
БОРИСОВ В. И., МАГИЛИНСКИЙ А. П., ЧУМАЧЕНКО К. А. Акустическое поле излучения пьезопреобразователей на основе цилиндрических пьезопластин.....	308
ВАСИЛЕНКО А. Н., ПИВОВАРОВА Е. В., ХОМЧЕНКО А. В. Разработка систем компьютерного зрения для анализа дефектов стекла.....	310
ГОГОЛИНСКИЙ В. Ф., АФАНАСЬЕВ А. А., ПИСАРИК В. В. Измерительная система технологического контроля вала ротора электродвигателя.....	311

КОЗЫРИЦКИЙ П. А. Анализ производственного травматизма в организациях АПК Могилевской области в 2018 году.....	313
КУШНЕР А. В., ШИЛОВ А. В., НОВИКОВ В. А. Определение условий магнитографического метода контроля на остаточной намагниченности объекта.....	315
МИХЕЕВ С. С., СОТСКИЙ А. Б., НАЗАРОВ М. М. Оценка чувствительности терагерцового решеточного сенсора водного раствора.....	317
ПАРАШКОВ С. О., СОТСКИЙ А. Б., ЧУДАКОВ Е. А. Стабилизация точки ввода излучения в планарную структуру посредством призмы связи.....	319
ПОДУГОЛЬНИКОВ П. А., ПРУДНИКОВ А. Н. Реализация метода магнитоакустических шумов для контроля ферромагнетиков.....	312
ПОДУГОЛЬНИКОВ П. А., ПОЗДНЯКОВ В. Ф., ПРУДНИКОВ А. Н. Особенности измерения плосконапряженного состояния магнитными методами.....	322
ПОЗДНЯКОВ В. Ф., УСИК В. Н. Установка для проведения поверки медицинских дефибрилляторов.....	323
ПРОКОПЕНКО Е. Н., КАЗАЧЕНКО Н. И. Поле излучения активного сферического концентратора с фазированной решеткой.....	324
САНДОМИРСКИЙ С. Г. Анализ методик магнитного контроля механических свойств изделий из углеродистых сталей.....	326
СЕРГЕЕВ С. С., ЯСТРЕБОВ Д. Г. Повышение эффективности ультразвукового контроля осей колесных пар за счет использования фазированных решеток.....	328
УБЕРМАН В. И., ВАСЬКОВЕЦ Л. А. Принципы перехода Украины к европейскому регулированию сбросов загрязняющих веществ.....	330
ШАРАНДО В. И., КРЕМЕНЬКОВА Н. В., БУЛАТОВ О. В., ЧЕРНЫШЁВ А. В. Магнитодинамическая толщинометрия слоя никеля с остаточной намагниченностью под слоем хрома.....	332
ШАРАНДО В. И., КРЕМЕНЬКОВА Н. В., БУЛАТОВ О. В., ЧЕРНЫШЁВ А. В. Магнитодинамическая толщинометрия слоя хрома на слое никеля с остаточной намагниченностью.....	334
ШИЛОВ А. В., КУШНЕР А. В., НОВИКОВ В. А. Магнитографический контроль стенок осевых каналов роторов турбин.....	336
ШУЛЬГА А. В., СТАСЬКОВ Н. И., КРЕКОТЕНЬ Н. А. Спектроэллипсометрия кварцевых пластин.....	338

Секция 9. Автоматизация, электропривод и электрооборудование

АБАБУРКО В. Н., КАНТОР В. Ч. Особенности проектирования и применения электрооборудования в пылевоздушных взрывоопасных зонах.....	340
АБАБУРКО В. Н., НИКИТИН П. Ф., КОХАН А. В. Контроль параметров взрывозащиты и испытания взрывонепроницаемых оболочек.....	342
АКИНШЕВА И. В., ПАНТЮХОВ В. А. Регистрация приложений в многопользовательской информационной системе.....	344
БЕККЕР И. А., ГАПОНЕНКО Е. Д., АНДРЕЕВ А. М. Междисциплинарные связи оптимизационных дисциплин.....	346
БЕККЕР И. А., ГАПОНЕНКО Е. Д., АНДРЕЕВ А. М. Web-проект «Методы оптимизации».....	348
БОРЧИК Е. М., КАМИНСКИЙ Е. А., МАЛИНОВСКИЙ И. А. Моделирование транспортных потоков на предприятии в среде NETLOGO.....	350
БОЧКАРЕВ Г. В., ЛАПИЦКИЙ В. А. О необходимости применения детерминированной защиты силовых цепей полупроводниковых преобразователей.....	352
ВЕНБЕРГ А. В., ТИМКОВ И. С. Создание интегрированной геоинформационной системы энергетики на базе системы ZuluGIS....	353
ВЕНБЕРГ А. В., ШУМАНСКИЙ В. В. Разработка и внедрение технологий дистанционного обучения.....	355
ВЫГОВСКАЯ Н. В., ПРУДНИКОВ В. М., СИДОРЕНКО С. А. Современный подход к управлению IT-проектами.....	357
ЖЕСТКОВА Л. В. Направление автоматизации работы станции обезжелезивания воды.....	359
КОЙПИШ Ю. И., КОВАЛЬЧУК В. М. Эконометрический инструментальный энергоменеджмента промышленного предприятия	360
КРУТОЛЕВИЧ С. К., ПРОКОПЕНКО С. А., ЩЕРБО Н. М. Алгоритм обработки рядов данных.....	362
КУТУЗОВ В. В., АБАРОВ Р. А., ЗАРОВЧАТСКАЯ Е. В. Системы учета работы и планирования технических обслуживаний и ремонтов машин.....	364
ЛОБАНОВА Т. М. Реализация алгоритма обратных вычислений для формирования стратегических решений.....	366
МИСНИК А. Е., КАНДИДАТОВ К. А., ПРОКОПЕНКО С. А. Оптимизация рендеринга таблиц в браузере.....	367
МРОЧЕК Т. В., МАКСИМОВИЧ А. В. Оптимизация маршрутов поездок на общественном транспорте.....	369

ПЕНЬКОВСКИЙ А. В., ШИРОЧЕНКО В. А. О методах сбора статистической информации для анализа вторичного рынка автомобилей.....	370
ПОПОВ В. Б., ЛАПИЦКИЙ В. А. Применение методов планирования экспериментов при разработке и исследовании САУ.....	372
ПОТАПОВ М. А. Моделирование режимов работы энерго-сберегающего электропривода мотор-колес карьерного самосвала БЕЛАЗ-75131.....	373
РЫБАКОВ Н. А., ВОРОБЬЁВ В. В. Повышение энергетических характеристик трактора «BELARUS 1221» за счёт применения тягового электропривода с микропроцессорной системой управления....	375
САДОВСКИЙ В. Т., ЧЕНДРОВ М. Я. Автоматизация исследований сетей передачи данных на учебном лабораторном стенде.....	377
СЕЛИВАНОВ В. А., ИЛЬИНЫХ Д. В., БУЛОВА А. С. Исследование сервопривода серии ASDA.....	379
СТАРОВОЙТОВ А. Г., ЧЕРКАСОВА И. А. Некоторые особенности маркетинга в энергетике.....	381
СТАСЕНКО И. С. Применение пакета математического моделирования MagNet для расчёта асинхронных двигателей.....	383
СТОЛЯРОВ Ю. Д., ВАСИЛЕВСКИЙ В. П., ЯСЮКОВИЧ Э. И. Использование виртуальной лаборатории при изучении сложных дисциплин вычислительной техники.....	385
ТРЕТЬЯКОВ А. С., КАПИТОНОВ О. А. Разработка асинхронного электропривода на базе импульсного устройства плавного пуска.....	387
ЧЕРНАЯ Л. Г., МАКАРЕВИЧ Ю. И. Гармонизация локальных нормативных документов по ремонту рудничного взрывозащищенного электрооборудования	389
ЧЕРНАЯ Л. Г., САЗОНКО А. Е. Комплексный контроль выбора взрывозащищенного электрооборудования для взрывоопасных сред.....	391
ШЕБАН Т. Л., ДЕРЕВЯНКО И. Ю., ПЕТРОЧЕНКО С. Н. Организация проектной деятельности в учебном процессе.....	393
ШЕБАН Т. Л., ДЕРЕВЯНКО И. Ю., ПЕТРОЧЕНКО С. Н. Применение STEM-подхода в проектной деятельности.....	394
ЯКИМОВ А. И., ЯКИМОВ Е. А., ЗАЙЧЕНКО Е. А. Защита информации в современных операционных системах.....	396
ЯНУКОВИЧ С. П., МРОЧЕК Т. В., ОРЕХОВСКИЙ Д. С. Контроль самостоятельной работы студентов IT-специальностей посредством автоматизации.....	398
ЯСЮКОВИЧ Э. И. Использование регулярных выражений для повышения эффективности работы с текстом.....	399

Секция 10. Развитие промышленного предприятия: экономика, финансы и инновации

АВСЯННИКОВА А. В., КОТЕЛЬНИКОВА Н. В. Оценка ритмичности производства на примере ОАО «Могилевская фабрика мороженого».....	401
АЛЕКСАНДРЁНОК М. С., ВОРОНКОВ Ю. В., УСТИНОВИЧ В. А. Государственные инструменты цифровой трансформации экономики и финансовой сферы.....	402
БАРАНОВСКИЙ А. Г. Угрозы устойчивости предприятия и противодействие им.....	404
БЛАЖЕВИЧ Г. Н., ЖЕЛТОК Н. С. Инновационное развитие промышленного производства: оценка, проблемы и пути их решения.....	406
ВАЙНИЛОВИЧ Ю. В. Проблемы развития компетенций проектных команд IT-сферы.....	408
ВЕРЕМЕЕВА И. А. Некоторые аспекты внедрения автоматизированной формы бухгалтерского учета в организации.....	410
ГАЛКИНА Е. Г., ИВАНЬКОВА Т. Н. Особенности применения метода парных сравнений для определения привлекательности инвестиционных проектов.....	412
ЖЕЛТОК Н. С., БЛАЖЕВИЧ Г. Н. Методологические подходы к формированию системы инновационного развития.....	414
ЗУБКОВ А. С. Особенности и проблемы учёта криптовалюты в Республике Беларусь.....	416
КАЗАНСКИЙ А. В. Качество образования: трансформация механизма от государственного контроля к регулированию качества.....	418
КОВАЛЬЧУК В. М. Оценка эффективности энергоменеджмента предприятий.....	421
ЛЕБЕДЕВА Н. Ю., АЛЕКСАНДРОВА С. А. Продвижение продукции в социальных сетях как инструмент увеличения прибыли предприятия.....	423
ЛИВИНСКАЯ В. А., ПАНЬКОВА А. И. Статистический подход к оценке уровня конкуренции в секторе розничной торговли.....	425
ЛОБАНОВА Т. М., МОРОЗОВА Д. В. Многовариантный подход к формированию портфеля проектов.....	427
МОРОЗОВА Д. В., АЛЕКСАНДРОВА С. А. Совершенствование маршрутов движения при организации пассажирских перевозок.....	429
ПЛАВСКАЯ М. А. Навыки создания электронных отчетов с помощью специализированного программного обеспечения	430
ПУЗАНОВА Т. В., СЫРОМОЛОТОВА А. Д. Особенности оценки конкурентоспособности продукции предприятия пищевой промышленности.....	431

ПУЧКОВ Н. П., ДОРОХОВА Т. Ю. Функциональное моделирование оптимальных условий организации целевой подготовки специалистов.....	433
РАЩЕНЯ Т. Ф., АНОСОВА К. Д. Построение оптимальной структуры производственной программы с целью максимизации прибыли.....	435
РОМАНЬКОВА Т. В., ГРИНЕВИЧ М. Н. Складской потенциал региона: оценка и развитие.....	436
РОМАНЬКОВА Т. В., ГРИНЕВИЧ М. Н. Показатели энергетического потока в цепи поставок.....	438
САМАРЦЕВ С. Б., КАМИНСКАЯ С. О., СИЛИН Р. В., САМАРЦЕВ К. С. О проблемах и путях реализации программ дополнительного образования взрослых.....	439
СЕДЛУХО О. В., РУБАНОВА Н. В., КУРСОВА И. Я. Образование малых инновационных фирм на базе корпораций.....	441
СЕДЛУХО О. В., БИЧИКОВ Д. В. Некоторые особенности развития предприятий целлюлозно-бумажной отрасли Беларуси (на примере ОАО «Бумажная фабрика «Спартак».).....	443
ТАЮРСКАЯ И. С. К вопросу об оценке промышленного потенциала региона	445
ТОКМЕНИНОВ К. А. Некоторые пути инновационного развития промышленных предприятий	447
ТОКМЕНИНОВ К. А. Некоторые пути повышения конкурентоспособности продукции на примере ОАО «Ольса».....	449

Секция 11. Проблемы и перспективы развития гуманитарной составляющей в вузах технико-технологического профиля

АЛЕКСЮТИНА Г. Я. Место и роль психологического образования в техническом вузе	451
АФАНАСЕНКО Т. В., МАКАРЕНКО О. П. Настольный теннис как средство восстановления и повышения работоспособности.....	453
БУДАЕВ М. Л., ПОПРОЦКИЙ В. С. Перспективы занятий физической культурой по специализации «Армрестлинг».....	454
ВОЛОГИНА Н. В., ЛОПАЦКИЙ Ю. Н. Университетоведение как учебная дисциплина.....	456
ВОЛОГИНА Н. В. Политическая наука и особенности ее преподавания на современном этапе развития гуманитарного знания.....	458
ГОНОРОВА С. В. Опыт организации учебного процесса и преподавания технических и гуманитарных дисциплин в вузах СНГ....	460
ГРИЦАЕВА Е. В. Технология использования популярных социальных сетей для самостоятельной работы студентов при изучении иностранного языка.....	461

ГРИШАЕВА А. А. Правовые гарантии свободы научной деятельности в вузах технико-технологического профиля.....	462
ДОРОЩЕНКО А. В., ПЕРЕЦ А. Н., СЫЧЕВИЧ В. В. Повышение качества исполнения бросков в поединках дзюдоистов высокого класса.....	464
ДУБИНИНА А. П. Культурологическое образование в современном университете.....	466
ЖУКОВ В. З. Ориентиры реформирования гуманитарного образования	468
КАЗАНСКИЙ А. В., КОРНЕЕВА Н. Е., ПРОТАСОВА Т. В. Социально-личностные компетенции выпускника университета: пути формирования	470
КАРПЕНКО А. В. Использование интернет-ресурсов для обучения магистрантов иностранному языку	473
КОВАЛЕНКО О. Е. Проблемы преподавания физики в техническом вузе.....	474
КОПЫЛОВА Е. А. Значение корпоративной культуры в становлении личности студента-спортсмена вуза в современных условиях.....	475
КОРОЛЮН О. П. Проблема игроизации современной студенческой молодежи.....	476
ЛОПАЦКИЙ Ю. Н. Образовательные стандарты по гуманитарным дисциплинам и качество учебного процесса в вузе.....	478
МАКАРОВА С. Е. Оптимизация преподавания социально-гуманитарных дисциплин в вузе в условиях выстраивания IT-общества.....	480
ПАНЕЖА В. В. Модульно-рейтинговая система в преподавании русского языка как иностранного.....	482
ПОДОШЕВКО В. Д. Патриотическое воспитание студенческой молодёжи.....	484
ПОПЕЛЫШКО Д. М. Научно-технический прогресс и процесс социального развития в новых технологических укладах.....	486
ПОПЕЛЫШКО Д. М. Технические риски в свете социальных проблем интеграции на постсоветском пространстве.....	488
ПОПРОЦКИЙ В. С., БУДАЕВ М. Л. Актуальность занятий армрестлингом в высших учебных заведениях.....	490
ПУСКОВ О. М., ПУСКОВА В. М. Особенности обучения взрослых информатике.....	492
САДОВСКАЯ Л. А. Анализ подготовленности студентов к выполнению нормативов физкультурно-оздоровительного комплекса.....	494
САМУЙЛОВ Д. Н., ПИСАРЕНКО В. Ф., МАЛЫШЕВА Е. А. Мониторинг физической подготовленности студентов.....	496

САМУЙЛОВ Д. Н., ПЕРЕЦ Н. А., ЩУР А. В. Силовая подготовка в восточных единоборствах.....	498
СВИДИНСКАЯ Г. И., ВЕРБИЦКАЯ Е. С. К вопросу о преподавании иностранных языков в техническом университете.....	500
ТАРЕЛКИН А. И. Метод наказания в воспитании детей и учащейся молодежи.....	502
ФЁДАРАВА Н. У. Выкарыстанне інтэрнэт-рэсурсаў на занятках па беларускай мове ў вну тэхнічнага профілю.....	504
ШАРАПАВА А. В. Сацыяльная сетка «ВКонтакте» як адзін са спосабаў фарміравання кампетэнцый будучых спецыялістаў.....	506
ШЕВЧИК О. В. Гуманитарные дисциплины как составляющая структуры обучения в техническом вузе	508

Секция 12. Математическое моделирование и конструктивный анализ математических моделей

БОНДАРЕВ А. Н. К построению решения многоточечной краевой задачи для матричного уравнения Ляпунова с параметром.....	510
БУТОМА В. С., БУТОМА А. М. Локальная оптимизация решения задачи коммивояжера с дополнительными ограничениями...	512
ГРЕБЕНЦОВ Ю. М. К задаче о периодических решениях линейных неавтономных систем второго порядка.....	514
ЗАМУРАЕВ В. Г. Условия разрешимости задач оптимизации с линейными функциональными уравнениями состояний.....	516
КАШПАР А. И. К задаче Валле-Пуссена для матричного уравнения Ляпунова второго порядка с параметром.....	517
ЛАПТИНСКИЙ В. Н., РОМАНЕНКО А. А. К задаче о динамическом ламинарном пограничном слое в автотомельном случае.....	519
ЛИВИНСКАЯ В. А. К теории периодических решений матричного уравнения Ляпунова второго порядка с параметром.....	521
МАГЛЕВАННЫЙ И. И., КАРЯКИНА Т. И. Управляемый эффект вибрационного резонанса в латеральной сверхрешетке.....	523
МАКОВЕЦКАЯ О. А. К разрешимости периодической краевой задачи для матричного уравнения Ляпунова – Риккати с параметром.....	525
МАКОВЕЦКИЙ И. И. К построению решения двухточечной краевой задачи для матричного уравнения Ляпунова с параметром...	527
ПОДОЛЯН С. В. К задаче о периодических решениях матричных уравнений Ляпунова с параметром.....	529
ПРИМАК И. У., ХОМЧЕНКО А. В. Некоторые особенности решения обратной задачи спектральной рефлектометрии МДП-структур.....	531
РОГОЛЕВ Д. В. К анализу периодической краевой задачи для системы матричных уравнений типа Риккати с параметром.....	533

САНДОМИРСКИЙ С. Г. Модель для анализа влияния погрешности измерения параметра на коэффициент корреляции между результатами его измерения и истинными значениями.....	535
СОТСКАЯ Л. И., СТАСЬКОВ Н. И., РУДЕНКО М. В. Дисперсионные функции титаната стронция, титаната бария и танталата стронция-висмута.....	537

УДК 336.71

ФИНАНСОВЫЙ МЕХАНИЗМ ПЕНСИОННОЙ СИСТЕМЫ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ:
АНАЛИЗ, ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ

М. С. АЛЕКСАНДРЁНОК
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В современных демографических условиях особую важность приобретают вопросы трансформации финансового механизма пенсионной системы Республики Беларусь.

За последние 20 лет наблюдается отрицательная тенденция как по общей численности населения: 10 177 тыс. человек – на конец 1996 г. / 9 500 тыс. человек – на конец 2010 г. / 9 492 тыс. человек – на конец 2018 г., так и по численности занятого населения в экономике: 4 703,0 тыс. человек – на конец 2010 г. / 4 335,5 тыс. человек – на конец 2018 г.

При этом просматривается положительная динамика количества пенсионеров: 2010 г. – 2 468,5 тыс. человек, 2018 г. – 2561,1 тыс. человек.

Таким образом, удельный вес лиц, которым необходимо финансовое обеспечение пенсионных выплат, не только превышает половину работающих в экономике, но и растет: 52,49 % – 2010 г., 59,07 % – 2018 г. А так как система пенсионного обеспечения в Беларуси является солидарной, то нарушается равновесие его финансового механизма.

Основным элементом финансового механизма пенсионного обеспечения в Беларуси, как и в зарубежных странах, выступает социальное страхование.

С правовых позиций социальное страхование включает государственное и негосударственное финансирование пенсий, но на сегодняшний день преобладает (99 %) именно государственное социальное страхование, которое является обязательным для нанимателей и работающих граждан (Закон Республики Беларусь «О пенсионном обеспечении» № 1596-ХІІ от 07.04.1992 г. (с учетом доп. и изм.)).

Работающие граждане уплачивают обязательные страховые взносы на пенсионное обеспечение ежемесячно в размере 1 % от заработной платы, наниматели – 28 % (основная ставка) от фонда заработной платы (с учетом необлагаемых выплат).

Средства государственного социального страхования аккумулируются в Фонде социальной защиты населения Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь (ФСЗН), который ежегодно формирует бюджет и финансирует пенсионное обеспечение граждан.

Кроме вышеназванного платежа, в бюджет ФСЗН поступают:

- взносы на обязательное социальное страхование для выплаты пособий (уплачивают наниматели по ставке 6 %);
- взносы на профессиональное пенсионное страхование (уплачивают наниматели, ставки дифференцированы);
- средства из республиканского бюджета на возмещение нестраховых расходов;
- другие поступления (незначительные суммы).

Основные средства бюджета фонда идут на выплату пенсий (~ 77 %) и пособий (~ 21 %).

Кроме того, из бюджета фонда финансируются:

- расходы на выплату профессиональных пенсий;
- расходы на выплату пенсий и пособий лицам, выехавшим за границу, а также прибывшим в Республику Беларусь, в соответствии с законодательством и международными договорами Республики Беларусь, а также оказание услуг по их выплате;
- расходы на оказание материальной помощи нуждающимся нетрудоспособным лицам;
- расходы на финансирование мероприятий по обеспечению занятости населения;
- расходы на финансирование санаторно-курортного лечения и оздоровления;
- расходы на финансирование специализированных учебно-спортивных учреждений профсоюзов.

Для финансирования перечисленных нестраховых выплат в республиканском бюджете предусматриваются определенные суммы (табл. 1).

Табл. 1. Расходы республиканского бюджета на пенсионное обеспечение за 2011–2018 гг.

Год	Сумма, млн р.
2011	215,65
2012	369,73
2013	465,12
2014	599,10
2015	719,98
2016	791,42
2017	765,76
2018	888,89

Следует отметить, что данные средства в последние финансовые годы в бюджет фонда или не поступали, или поступали не в полном объеме, что

нарушало его сбалансированность и формировало необходимость выделения межбюджетных трансфертов.

Таким образом, сформулируем основные отрицательные факторы, влияющие на финансовую стабильность ФСЗН:

- сокращение численности занятого в экономике населения;
- прирост численности получателей социальных выплат;
- недопоступление из республиканского бюджета средства на финансирование выплат, не предусмотренных системой государственного социального страхования;
- наличие просроченной задолженности по уплате обязательных страховых взносов.

В заключение выделим основные компоненты, которые могут быть взяты для имплантации в финансовый механизм белорусской пенсионной системы.

1. Перераспределение доли участия работников и нанимателей в уплате обязательных страховых взносов на пенсионное обеспечение, что позволит снизить расходы на производство продукции (работ, услуг) и повысить ценовую конкурентоспособность, а также минимизировать задолженность по уплате обязательных страховых взносов.

2. Повышение роли и участия самого работника в формировании будущей пенсии, что положительно скажется на финансовой стабильности пенсионного обеспечения и уровне жизни будущих пенсионеров.

3. Разработка механизма, который будет стимулировать пенсионные накопления будущих пенсионеров и их инвестирование: инвестирование средств пенсионного капитала в реальный сектор экономики может стать одной из основ для стабилизации социально-экономических процессов и обеспечения условий расширенного воспроизводства на долгосрочную перспективу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деятельность ФСЗН [Электронный ресурс] / Официальный сайт Фонда социальной защиты населения Министерства труда и социальной защиты населения Республики Беларусь. – Минск, 2019. – Режим доступа: <http://ssf.gov.by>. – Дата доступа: 13.02.2019.

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОЦЕССОВ
КОНТАКТНОЙ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ

А. Ю. ПОЛЯКОВ, А. А. СТЕПАНОВ

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

В последние годы на различных промышленных предприятиях пост-советского пространства и дальнего зарубежья при получении неразъемных соединений листового металла толщиной от 1 + 1 до 5 + 5 мм все чаще применяют высокопроизводительный и экологичный процесс контактной рельефной сварки (далее – КРС) взамен трудоемких и энергозатратных способов дуговой сварки. КРС является способом сварки давлением, а ее сущность заключается в реализации последовательности следующих действий со свариваемыми деталями, на одной из которых предварительно располагается искусственный или естественный выступ (рельеф):

1) сжатие холодных деталей электродами сварочной машины с увеличенными площадями контакта (основной параметр режима сварки – усилие сжатия электродов $F_{св}$);

2) выдержка холодных деталей в сжатом состоянии на протяжении определенного времени (основной параметр режима сварки – длительность предварительного сжатия электродов $t_{св}$);

3) пропускание импульса (импульсов) тока через сжатые детали (основной параметр режима сварки – величина сварочного тока $I_{св}$);

4) выдержка деталей в сжатом состоянии на протяжении определенного времени после выключения тока (второстепенный параметр режима сварки – длительность проковки $t_{пр}$).

Исследователи сварки давлением установили, что у каждого из перечисленных действий в процессе КРС есть определенная цель:

– предварительное сжатие деталей до включения тока направлено на стабилизацию омического сопротивления межэлектродной зоны $R_{ээ}$, включающего собственные сопротивления деталей и сопротивления контактов «деталь – деталь» и «электрод – деталь»;

– электроды с увеличенной площадью контакта минимизируют силовое воздействие на лицевые поверхности деталей, в результате чего улучшается их внешний вид после сварки (также повышен ресурс работы электродов);

– пропускание тока через межэлектродную зону используется для полезного нагрева и создания благоприятных условий по активации поликристаллических структур поверхностных слоев металла деталей с их последующим объемным взаимодействием и образованием прочных металлических связей;

– проковка используется для уменьшения поля остаточных напряжений в полученном (едином) объеме металла деталей, а также в зоне термического влияния вокруг него.

Для достижения поставленных целей процесса КРС (в рамках отдельных приведенных действий) многочисленными исследователями ранее был сформирован комплекс литературных рекомендаций. Его общим достоинством явились две следующие взаимосвязи между основными параметрами режима КРС (по аналогии с контактной точечной сваркой):

а) повышение параметров $I_{\text{СВ}}$ и $\tau_{\text{СВ}}$ при неизменности $F_{\text{СВ}}$ до определенных пределов увеличивает тепловложение в межэлектродную зону и способствует интенсификации электротермодеформационных процессов, происходящих в ней;

б) снижение параметра $F_{\text{СВ}}$ до определенных пределов при заданных значениях $I_{\text{СВ}}$ и $\tau_{\text{СВ}}$ также увеличивает тепловложение в межэлектродную зону.

При этом основным недостатком указанного комплекса рекомендаций явилось отсутствие у авторов четкого понимания структуры рельефных сварных соединений, получаемых при КРС с различным характером изменения параметра $R_{\text{ЭЭ}}$ при реализации типичных и нетипичных циклограмм нагрева металла межэлектродной зоны.

Дело в том, что именно параметр $R_{\text{ЭЭ}}$ лежит в основе понятия энергоемкости процесса КРС. Зависимость параметра $R_{\text{ЭЭ}}$ от усилия сжатия электродов и состояния обработки поверхностей свариваемых деталей выражается в динамике изменения площади контакта «деталь – деталь», в конечном счете определяющей плотность тока и, соответственно, полезный нагрев и теплоотвод металла всей межэлектродной зоны.

Попытка анализа параметра $R_{\text{ЭЭ}}$ в процессе КРС была успешно предпринята В. А. Гиллевичем в 70–80-х гг. XX в. При исследованиях КРС на переменном токе двух листов толщиной $2 + 2$ мм из низкоуглеродистой стали (при сварке по одному выштампованному круглому сферическому рельефу габаритами $4,75 \times 1,12$ мм) он использовал относительно мягкий режим сварки: $I_{\text{СВ}}$ не более 15 кА; $\tau_{\text{СВ}} = 0,4$ с ($F_{\text{СВ}} = 3,6$ кН). В результате была построена кривая изменения параметра $R_{\text{ЭЭ}}$ во времени (рис. 1) при обеспечении зоны взаимного расплавления металла свариваемых деталей (в виде закристаллизовавшегося литого ядра). Данный эксперимент позволил выстроить поэтапную теорию образования рельефного сварного соединения с деформированием и последующим взаимным расплавлением металла свариваемых деталей.

Однако остались невыясненными три вопроса.

1. Распространяется ли данная теория на процессы КРС на жестких режимах сварки с реализацией типичных циклограмм нагрева металла межэлектродной зоны, в результате которых соединение формируется с взаимным расплавлением металла свариваемых деталей?

2. Распространяется ли данная теория на процессы КРС с реализацией нетипичных циклограмм нагрева металла межэлектродной зоны, в результате которых соединение формируется в твердом (твердофазном) состоянии, а его прочностные характеристики не падают при фактическом уменьшении тепловложения относительно расчетов уравнения теплового баланса (далее – УТБ) на основе анализа теплосодержания межэлектродной зоны?

3. Является ли предложенная теория убедительной в вопросе энергоемкости процесса КРС (общепринято, что КРС на жестких режимах является намного более энергоэффективной)?

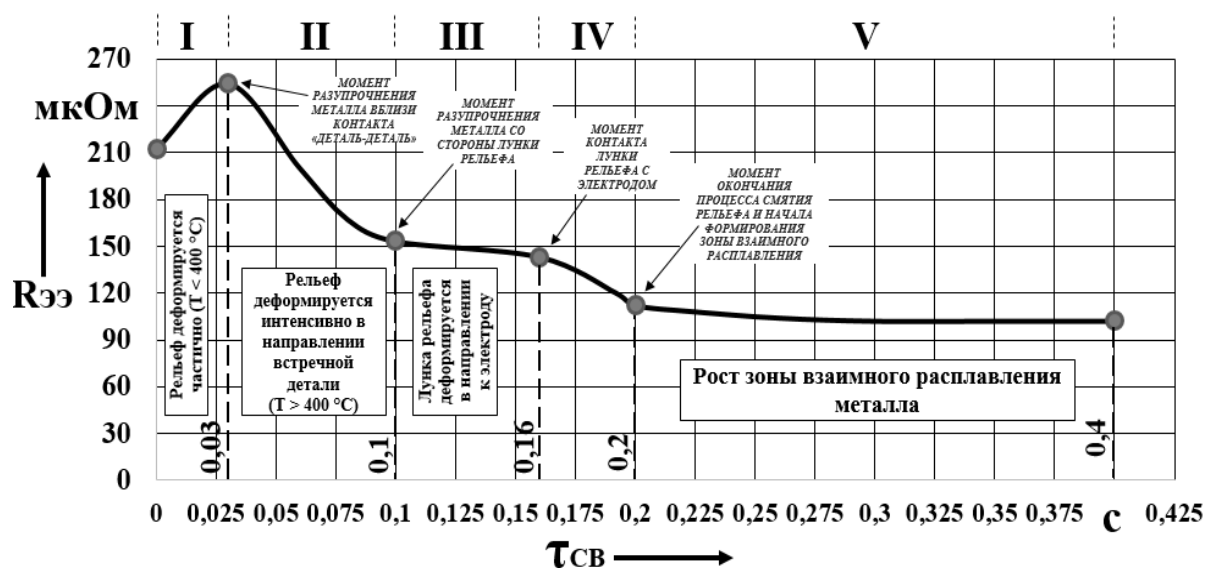


Рис. 1. Кривая изменения параметра $R_{ээ}$ по В. А. Гилевичу: I, II, III, IV, V – этапы процесса КРС (на мягком режиме сварки)

Для поиска ответов на указанные вопросы является актуальным временной анализ изменения параметра $R_{ээ}$, энергетических параметров, плотности тока в контакте «деталь – деталь» и его структуры на примере процесса КРС (на относительно жестком режиме сварки) пластин толщиной $3 + 3$ мм из низкоуглеродистой стали в соответствии с режимами по УТБ с учетом литературных рекомендаций (по А. И. Гуляеву): $I_{св} = 16,5$ кА; $t_{св} = 0,38$ с; $F_{св} = 6,8$ кН; круглый рельеф габаритами $6 \times 1,5$ мм).

В конечном итоге это даст возможность понять различия в механизмах формирования соединений с взаимным расплавлением металла и соединений в твердом состоянии (без взаимного расплавления металла), на основании чего можно будет разработать отдельные УТБ для двух этих случаев, а также выявить резервы снижения энергоемкости процессов КРС при сварке на режимах в соответствии с УТБ и при реализации нетипичных циклограмм нагрева металла межэлектродной зоны.

УДК 621.383

НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРИЛОЖЕНИЯ ФОТОНИКИ: ВНУТРИРЕЗОНАТОРНАЯ ВОЛНОВОДНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ

А. В. ШУЛЬГА, А. В. ХОМЧЕНКО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Фотоника, занимающаяся фундаментальными и прикладными аспектами преобразования оптических сигналов и созданием на их основе устройств различного назначения, выступает аналогом электроники, использующим вместо электронов кванты электромагнитного поля. Работа фотонных устройств базируется на таких оптических явлениях, как пропускание, модуляция, отражение, преломление, усиление, регистрация и волноводное распространение света [1]. Задача фотоники, в отличие от оптики, изучающей природу света, закономерности его распространения и взаимодействия с веществом, состоит в создании материалов с уникальными оптическими свойствами, управлении распространением, преломлением и отражением света, его локализации, перераспределении, частотной и фазовой перестройки.

Явления туннелирования световых волн через фотонные барьеры [2], внутрирезонаторного усиления и поглощения [3] света лежат в основе методов внутрирезонаторной волноводной спектроскопии. Оптическое туннелирование представляет собой нарушение закона полного внутреннего отражения света от границы раздела двух сред и его проникновение в среду, которая расположена на расстоянии меньше длины волны от той поверхности, где происходит отражение света. В таком случае фотон либо претерпевает полное внутреннее отражение, либо проникает (туннелирует) в другую среду через фотонный барьер – узкую область с меньшим показателем преломления. Если среда, в которую туннелирует свет, обладает волноводными свойствами, т. е. сама работает на основе полного внутреннего отражения и представляет собой планарный диэлектрический волновод, то туннелирование света будет происходить только при определённых углах падения света к границе среды и фотонного барьера. Это объясняется тем, что должно выполняться условие синхронизма составляющей фазовой скорости отражённого света на границу раздела сред и фазовой скорости распространения волноводной моды. Это приводит к тому, что вышеописанная оптическая структура демонстрирует частотно-угловую селективность по отношению к оптическому излучению, что используется в методах волноводной спектроскопии не только для возбуждения волноводов, исследования их свойств, создания датчиков, но также и в качестве активных элементов управления излучением.

Явление внутрирезонаторного усиления, лежащее в основе работы всех лазерных устройств, заключается в том, что фотоны, проходя через среду с инверсией заселённости энергетических уровней, могут индуцировать испускание идентичных себе фотонов. При условии преобладания вероятности индуцированного испускания над поглощением наблюдается усиление света. Помещение активной среды в оптический резонатор, состоящий, как правило, из сферических зеркал, обеспечивает фотонам направление распространения, в котором свет проходит через активную среду благодаря переотражениям на зеркалах максимальное количество раз. Наличие резонатора повышает не только вероятность увеличения количества фотонов, но и их поглощения. При постоянном коэффициенте усиления активной среды внесение в него даже сравнительно небольших оптических потерь приводит к более заметному изменению интенсивности внутрирезонаторного излучения по сравнению со случаем, когда излучение однократно проходит через поглощающую среду [4], и, таким образом, чем меньше коэффициент усиления резонатора лазера, тем больше величина регистрируемого внутрирезонаторного изменения интенсивности излучения при внесении потерь. Такая особенность наделяет внутрирезонаторные методы неоспоримым преимуществом по сравнению с классическими методами регистрации оптических потерь.

Для возбуждения волноводной моды заданного порядка в планарном диэлектрическом волноводе необходимо использовать устройство, обеспечивающее проникновение света под такими углами, при которых свет не только будет претерпевать многократное полное внутреннее отражение, но также обеспечит синфазность локализованным в волноводе фотонам. С подобной задачей хорошо справляется призмное устройство связи, состоящее из прозрачной равнобедренной призмы, к основанию которой через фотонный барьер прижат планарный волновод, и закреплённое на поворотном столике. Поворотом призмы вокруг оси устанавливаются углы падения луча на основание призмы, при которых происходит туннелированное излучения в волноводную моду.

Для внутрирезонаторной регистрации волноводных потерь необходимо призмное устройство связи, которое при внесении его в резонатор лазера превращало бы планарный волновод в источник внутрирезонаторных потерь с минимальными потерями и в то же время поддерживало юстировку лазера при изменении угла падения света. Призмное устройство связи, удовлетворяющее данным требованиям, а также оптическая схема установки для регистрации коэффициента отражения внутрирезонаторного излучения как функции углового положения призмы связи представлены на рис. 1 [5]. Для сохранения углового положения внутрирезонаторного излучения при сканировании выходное зеркало помещалось на подвижную платформу, которая автоматически перемещалась до восстановления

начального углового положения излучения, что контролировалось сегментным фотодиодом.

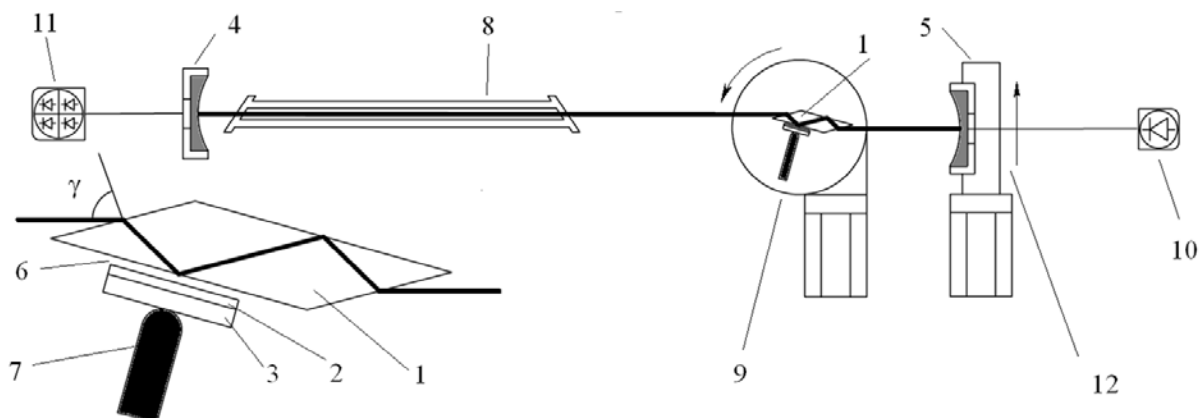


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – брестеровская призма связи; 2 – волновод; 3 – подложка; 4 – «квазиглухое» зеркало; 5 – выходное зеркало; 6 – фотонный барьер; 7 – прижимной винт; 8 – газоразрядная трубка лазера; 9 – поворотная платформа; 10 – фотодиод; 11 – сегментный фотодиод

На рис. 2 приведён спектр отражения излучения от брестеровской призмы связи с планарным пятимодовым волноводом с мнимой частью постоянной распространения порядка $\sim 10^{-5}$. Для пояснения преимущества метода следует отметить, что регистрация спектров велась при слабой связи призмы с волноводом, когда обычные способы не позволяли регистрировать подобное распределение.

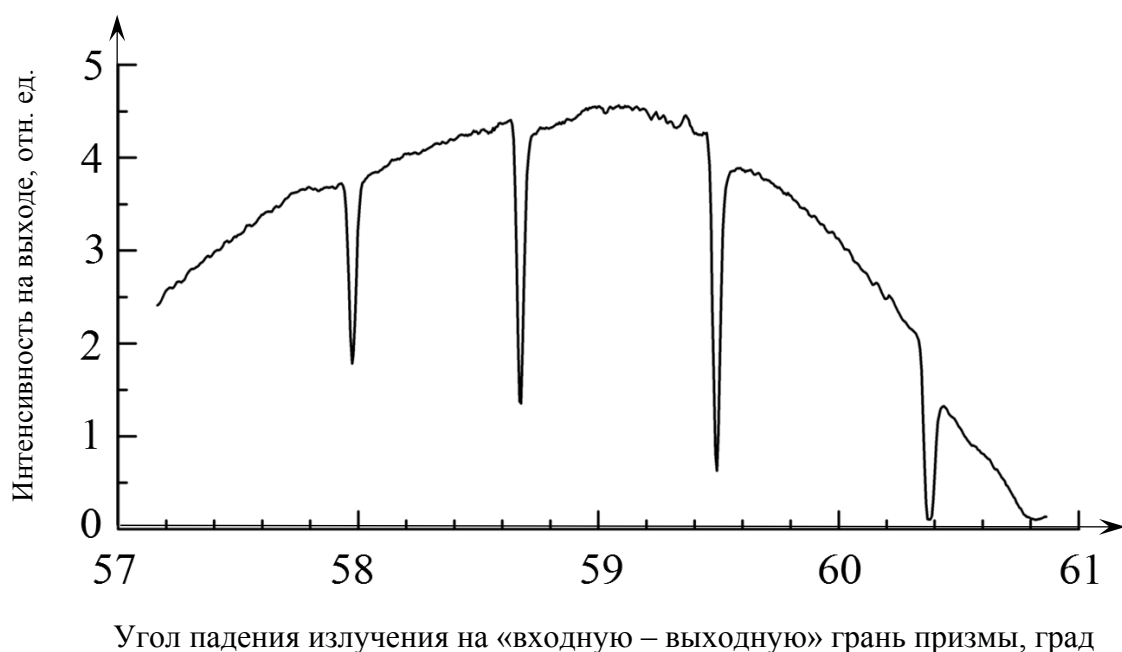


Рис. 2. Зависимость интенсивности внутрирезонаторного излучения от углового положения призмы связи

Применение полупроводниковых лазеров с внешним резонатором [6] также позволяет наблюдать спектры внутрирезонаторного отражения от основания призмы связи. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 3. В отличие от одночастотных лазеров, применение полупроводникового лазера даёт возможность внутрирезонаторной перестройки излучения и, таким образом, позволяет осуществлять сканирование не только по угловым координатам, но и по частоте. Результаты исследования обнаружили особенность влияния волноводных потерь на спектральный состав внутрирезонаторного излучения, заключающуюся в том, что настройка призмы связи на возбуждение волноводной моды приводит не к поглощению излучения, а к его спектральному перераспределению вследствие конкуренции мод.

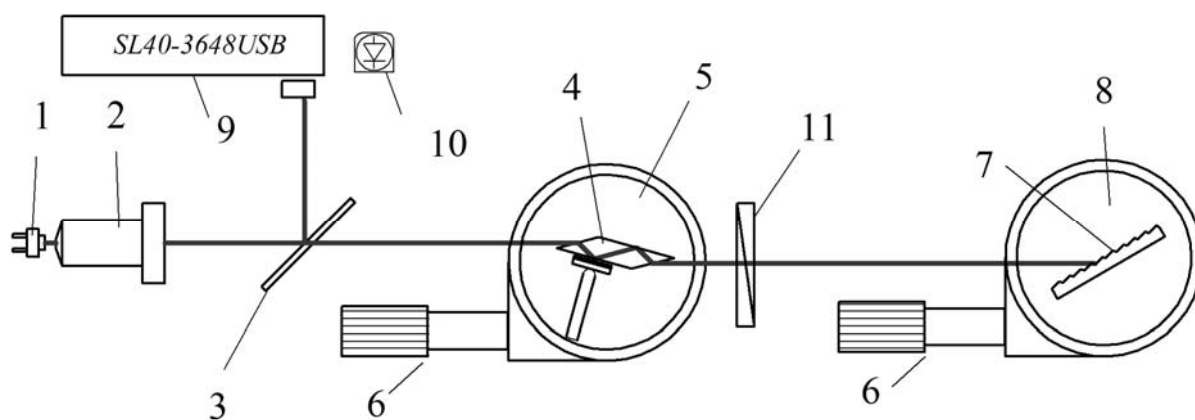
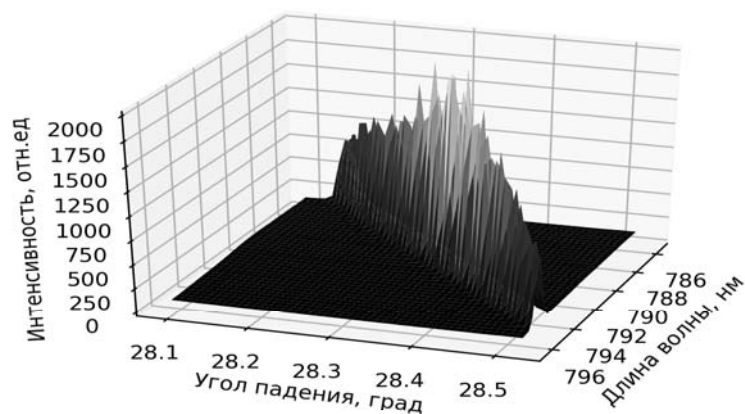


Рис. 3. Схема экспериментальной установки: 1 – лазерный диод; 2 – микрообъектив; 3 – делительная пластинка; 4 – брюстеровское призмное устройство связи; 5, 8 – поворотный столик; 6 – микрометрический винт; 9 – спектрофотометр; 10 – фотоприемник; 11 – поляризатор

На рис. 4, *а* представлены результаты спектрального сканирования внутрирезонаторным излучением призмы связи без волновода, а на рис. 4, *б* – результаты такого же сканирования, но при угловой настройке призмы связи на возбуждение волноводной моды. Фактически на рис. 4, *б* приведён аналог темной *m*-линии в частотно-угловых координатах.

Из анализа зарегистрированных угловых зависимостей интенсивности света, отражённого вблизи углов возбуждения волноводных мод, следует, что внутрирезонаторная спектроскопия волноводных мод имеет ряд преимуществ по сравнению классической волноводной спектроскопией. К ним следует отнести прежде всего высокий контраст регистрации интенсивности излучения, регистрации сверхмалых потерь при слабой связи, когда небольшие значения коэффициента усиления некоторых газовых лазеров становятся явным преимуществом, а также возможность внутрирезонаторной перестройки излучения при использовании полупроводниковых лазеров.

а)



б)

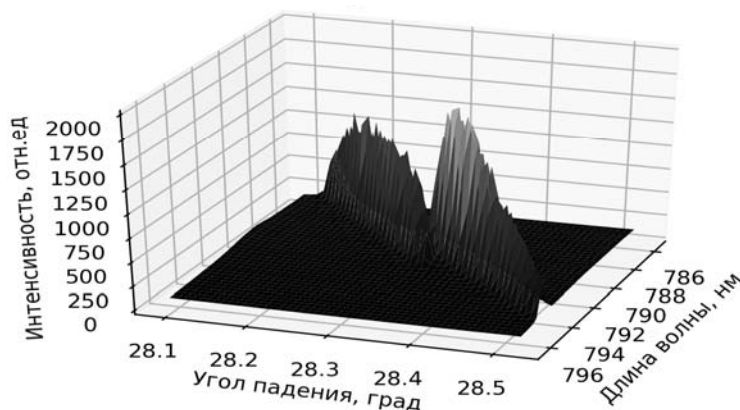


Рис. 4. Спектр излучения полупроводникового лазера с внешним резонатором и брьюстеровской призмой связи без возбуждения волноводной моды (а) и с возбуждением (б)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dictionary of Physics (Oxford Quick Reference). – 7-th edition. – Oxford University Press, 2015. – 672 p.
2. **Шварцбург, А. Б.** Туннелирование электромагнитных волн – парадоксы и перспективы / А. Б. Шварцбург // УФН. – 2007. – Т. 177, № 1. – С. 43–58.
3. **Хомченко, А. В.** Волноводная спектроскопия тонких плёнок / А. В. Хомченко. – Минск: БГУ, 2002. – 223 с.
4. **Baev, V. M.** Laser intracavity absorption spectroscopy / V. M. Baev, T. Latz, P. E. Toschek // Applied Physics B. – 1999. – № 69. – P. 171–202.
5. **Шульга, А. В.** Внутррезонаторная волноводная спектроскопия тонких пленок / А. В. Шульга, А. В. Хомченко, И. В. Шилова // Письма в ЖТФ. – 2018. – Вып. 21. – С. 3.
6. **Ye Canyon.** Tunable External Cavity Diode Lasers / Canyon Ye // World Scientific, Texas A&M University, USA, 2004. – 276 p.

УДК 621.787

ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ИНЕРЦИОННО-ИМПУЛЬСНОГО РАСКАТЫВАНИЯ ОТВЕРСТИЙ ДЛИННОМЕРНЫХ ДЕТАЛЕЙ

В. В. АФАНЕВИЧ, В. М. ПАШКЕВИЧ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Одним из способов отделочной обработки цилиндрических поверхностей является инерционно-импульсное раскатывание.

Разработанный ранее инструмент (рис. 1) [1] имел ограниченное применение при обработке глубоких отверстий. Длина обрабатываемой поверхности в этом случае ограничена осевыми размерами применяемой пружины 8. При работе инструмента пружина деформируется, и когда ее соседние витки соприкасаются, дальнейшая обработка становится невозможной.

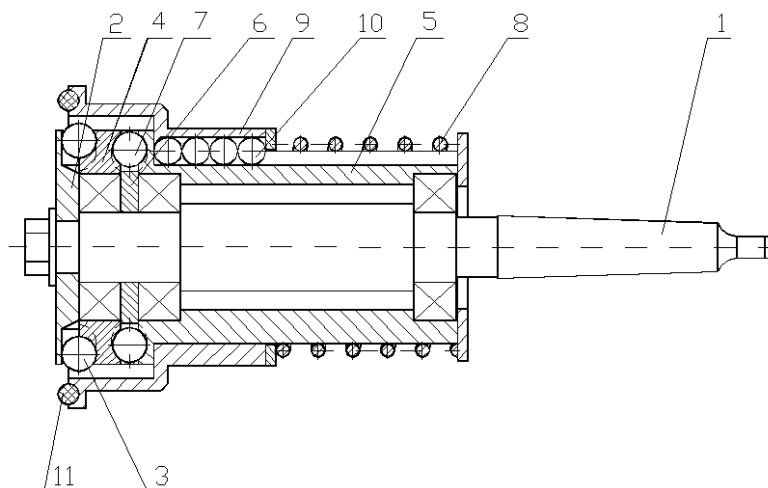


Рис. 1. Инерционно-импульсный раскатник отверстий

Предложена усовершенствованная конструкция инструмента (рис. 2), лишенная описанного недостатка.

Для обработки таким инструментом заготовку закрепляют в патроне токарного станка. При этом раскатник устанавливается неподвижно в пиноль задней бабки. Поводковая цанга 2 закрепляется на наружной поверхности заготовки с помощью гайки 3. После закрепления заготовке придается вращение. Оно передается на поводковую цангу посредством фрикционного поводка 14, выполненного в виде резиновых полос. Далее вращение от нее передается на корпус 4 посредством подвижной шпонки, выполненной в виде набора шаров 17. Подвижная шпонка позволяет цанге свободно перемещаться вдоль оси корпуса. Это обеспечивает перемещение инструмента вдоль оси заготовки с одновременной передачей вращения. Корпус жестко связан с ведущим звеном 6 редукционного узла. С его по-

мощью частота вращения уменьшается и передаётся на выходное звено 8, которое также выполняет функции опорного элемента для деформирующих шаров 19.

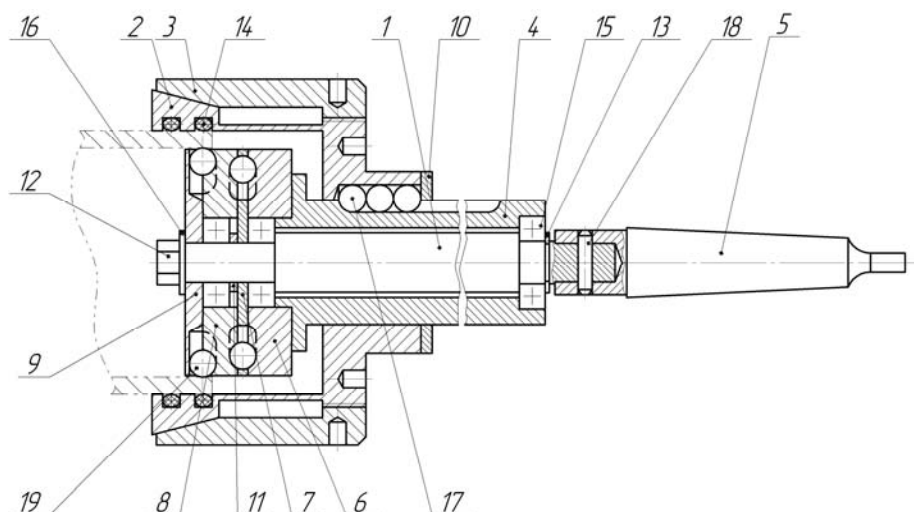


Рис. 2. Инструмент для обработки длинномерных отверстий

Опорный элемент имеет на своих торцовых поверхностях замкнутые волнообразные канавки. С левой стороны они выполнены таким образом, что деформирующие шары, обкатываясь по этим канавкам, выступают за наружную цилиндрическую поверхность. С противоположной опорному элементу стороны деформирующие шары удерживаются в радиальных пазах сепаратора 9, относительно которых они совершают возвратно-поступательные движения. Так как сепаратор неподвижно закреплен на оправке 1, которая не вращается, то шары выступают за цилиндрическую поверхность в одних и тех же местах.

Для осуществления обработки по всей длине заготовка совершает вращение, а раскатнику придается осевое перемещение. За счет совмещения этих движений отверстие заготовки имеет возможность обрабатываться по всей поверхности.

Таким образом, преимуществом инструмента является то, что в предложенной конструкции длина обработки ограничена лишь длинами корпуса 4 и оправки 1. Кроме того, ведущий элемент выполнен отдельно от корпуса, что позволяет при необходимости менять передаточное отношение редуцирующего узла за счет смены ведущего элемента 6, диска с прорезями 7 и опорного элемента 8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Импульсная шариковая раскатка: пат. ВУ 8068 / М. Ф. Пашкевич, В. М. Пашкевич, В. В. Афаневич. – Оpubл. 30.06.2004.

УДК 621.928.93
ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ РАЗГРУЗОЧНОЙ
ЧАСТИ ЦИКЛОНА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЯ

М. В. ВЕЧКАНОВА, Ю. М. ФАДИН, Е. В. ЛАЗЬКО
Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова
Белгород, Россия

У циклонов всегда есть бункер сбора уловленных частиц пыли, который расположен в нижней части конуса циклона [1]. Вместе с пылегазовым концентратом в бункер выводится часть газового потока: осевой вторичный восходящий газовый поток, возникающий в результате радиального стока, и нисходящий газовый поток, транспортирующий пылегазовый концентрат в бункер, которые способствуют взметыванию и выносу осажденной в бункере пыли в полость циклона [2] (рис. 1). Это явление называется «вторичным уносом», оно влияет на эффективность улавливания пыли в циклоне.

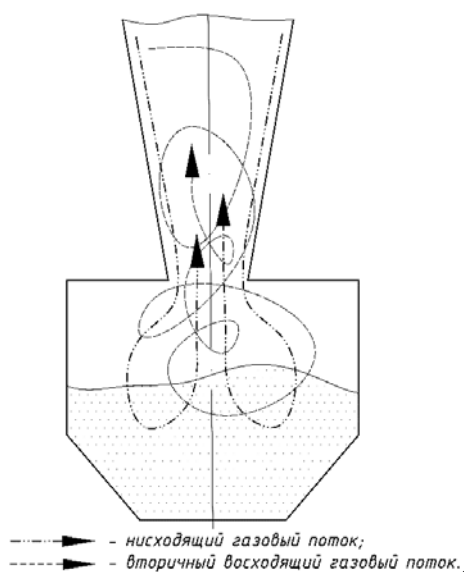


Рис. 1. Схематичное движение нисходящего газового потока и вторичного восходящего газового потока

На различных видах циклонов было проведено множество исследований влияния конструктивных параметров на работу циклона, таких как высота циклона, конструктивные параметры входного патрубка и выхлопной трубы и т. д. [3]. Значительно меньше работ было по выводу пыли из циклона в бункер. По этой теме нет единого мнения. Сян и Ли [3] предлагают, чтобы бункер был непосредственно связан с циклоном, и вторичный восходящий и нисходящий газовые потоки должны быть неотделимы от основного газового потока и включены в область исследования пылеочистки,

поскольку это непосредственно влияет на эффективность улавливания пыли. Однако многочисленные исследования с хорошими экспериментальными результатами проводились без наличия бункера [3].

Чтобы определить влияние конструкции разгрузочной части циклона на процесс пылеочистки, Обермайр и др. [3] провели в циклоне пять экспериментальных тестов с различной конструкцией патрубка отвода пыли. В результате исследований было выяснено, что эффективность пылеочистки можно повысить при значительном изменении геометрии патрубка отвода пыли.

Базируясь на этих исследованиях, некоторые ученые провели эксперименты [3], в результате чего была разработана конструкция удлиненного патрубка между циклоном и бункером.

Все исследования о влиянии конструкции патрубка отвода пыли на эффективность пылеулавливания в циклоне можно разделить на несколько групп:

- сравнение эффективности работы циклона с бункером и циклона с удлиненным патрубком и бункером;
- сравнение между циклоном с удлиненным патрубком и циклоном с удлиненным конусом;
- сравнение циклонов с бункером и без него.

Все вышеперечисленные исследования не дают полной информации о влиянии геометрических характеристик патрубка отвода пыли. Также не существует четкого сравнения между четырьмя случаями: обычный циклон (без патрубка и бункера), циклон с бункером, циклон с удлиненным патрубком и циклон с удлиненным патрубком и бункером.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Возвратно-поточные циклоны. Истоки возникновения и направления совершенствования / Ю. М. Фадин, М. В. Юрьева, В. С. Богданов, А. В. Вечканов // Вестн. Белгород. гос. технол. ун-та им. В. Г. Шухова. – 2017. – № 5. – С. 104–109.
2. Пылеконцентратор циклонного типа: пат. РФ 182053 / М. В. Вечканова, Ю. М. Фадин, Ю. Г. Овсянников, В. С. Богданов, А. В. Вечканов. – Опубл. 01.08.2018.
3. **Khairy, E.** Analysis and Optimization of Cyclone Separators Geometry Using RANS and LES Methodologies. Thesis Doctor in Engineering / E. Khairy // Department of Mechanical Engineering, Vrije Universiteit Brussel Pleinlaan 2, B-1050. – Brussels (Belgium). – P. 317.

УДК 681.5

АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛАЗЕРНЫМ 3D-СКАНЕРОМ

А. В. ГОСПОД, М. М. КОЖЕВНИКОВ

Могилевский государственный университет продовольствия

В. М. ШЕМЕНКОВ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В настоящее время программирование робототехнических комплексов на производстве происходит методом ручного обучения, которое по сравнению с автоматическим менее оптимальное и длительное. Для решения данной проблемы необходимо техническое зрение. Одним из вариантов реализации технического зрения может быть разработанное программное обеспечение для методики идентификации недетерминированной информации о внешней среде на основе прототипа лазерного 3D-сканера.

Вращение шагового двигателя лазерного 3D-сканера на заданный угол осуществляется с помощью алгоритма управления шаговым двигателем (табл. 1), записанного в микроконтроллер. Текущее значение угла поворота поступает в качестве входных данных в алгоритм формирования массива 3D-координат (табл. 2), который с помощью камеры и лазера формирует массив 3D-точек и записывает их в текстовый файл.

Табл. 1. Алгоритм управления шаговым двигателем

Исходные данные: установить частоту опроса процессора и режим скорости шагового двигателя, установить необходимый угол поворота шагового двигателя (<i>angleEnd</i>), установить необходимое количество поворотов (<i>repeat</i>)	
1:	<i>pass</i> := 0 (текущее количество поворотов); <i>angle</i> := 0 (текущий угол поворота);
2:	пока <i>pass</i> ≤ <i>repeat</i> выполнить
3:	если текущее количество поворотов четное
4:	то установить режим движения по часовой стрелке;
5:	<i>angle</i> := <i>angle</i> + 1
6:	иначе установить режим движения против часовой стрелки;
7:	<i>angle</i> := <i>angle</i> – 1;
8:	выполнить поворот в установленном направлении и режиме;
9:	если (<i>angle</i> ≥ <i>angleEnd</i>) или (<i>angle</i> ≤ 0)
10:	то <i>pass</i> := <i>pass</i> + 1;
11:	отправить <i>angle</i> на ЭВМ;
12:	задержка 50 мс.

Табл. 2. Алгоритм формирования массива 3D-координат

Исходные данные: текущий угол поворота <i>angle</i> , установить частоту опроса процессора	
1:	установить параметры принимаемых изображений;
2:	пока поступает значение <i>angle</i> из алгоритма 1 выполнить
3:	получить изображение с камеры;
4:	пока не перебрали все пиксели текущего изображения выполнить
5:	если в текущем пикселе красного больше 50
6:	то в изображении на этих координатах рисуется белый пиксель;
7:	пока не перебрали все пиксели текущего изображения выполнить
8:	если (строка 5-я) и (пиксель белый)
9:	то $k=k+1$;
10:	записать в текстовый файл координаты центрального пикселя.

Алгоритм, приведенный в табл. 2, состоит из тела основного цикла – draw loop. Первый шаг – создание двух изображений, которые имеют размер, соответствующий разрешению камеры (640 на 480 пикселей). Сохраняется кадр с камеры в виде объекта video, что позволяет получить отдельные значения его пикселей с помощью функции video.pixels[i], где i – это число пикселей, отсчитываемых слева направо и сверху вниз в диапазоне от 0 до $640 \cdot 480 = 307200$. Далее считывается угол поворота вала двигателя, отправляемый микроконтроллером. В следующем цикле в результате перебора каждого пикселя происходит анализ, определяющий превышение яркости красного цвета некоторого порогового значения, которое определяет чувствительность сканера. Низкая чувствительность используется для условий низкой освещенности, когда линия лазера ярко выражена. Более высокая чувствительность используется в случае наличия другого освещения. Если яркость красного цвета превышает чувствительность, то на изображение помещается белый пиксель на такие же координаты. В результате получается черно-белое изображение, где красные пиксели заменены белыми, а все остальное – черное. Для оптимизации расчетов, ввиду большого количества точек данных, находятся группы подряд идущих белых пикселей в строке, но в изображение копируется только центральный из каждой группы.

Предлагаемое программное обеспечение может использоваться для получения 3D-массива координат объекта, который в дальнейшем может использоваться для автоматической обработки, решения обратной задачи кинематики и выработки оптимальной траектории движения робототехнического комплекса.

Исследование выполнено при финансовой поддержке БРФФИ в рамках научного проекта № Ф17М-123.

УДК 621.9
МЕТОДЫ УПРОЧНЕНИЯ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА,
ИХ ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ

А. Н. ЖИГАЛОВ, А. А. ЖОЛОБОВ, О. Н. КЛЯУС
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

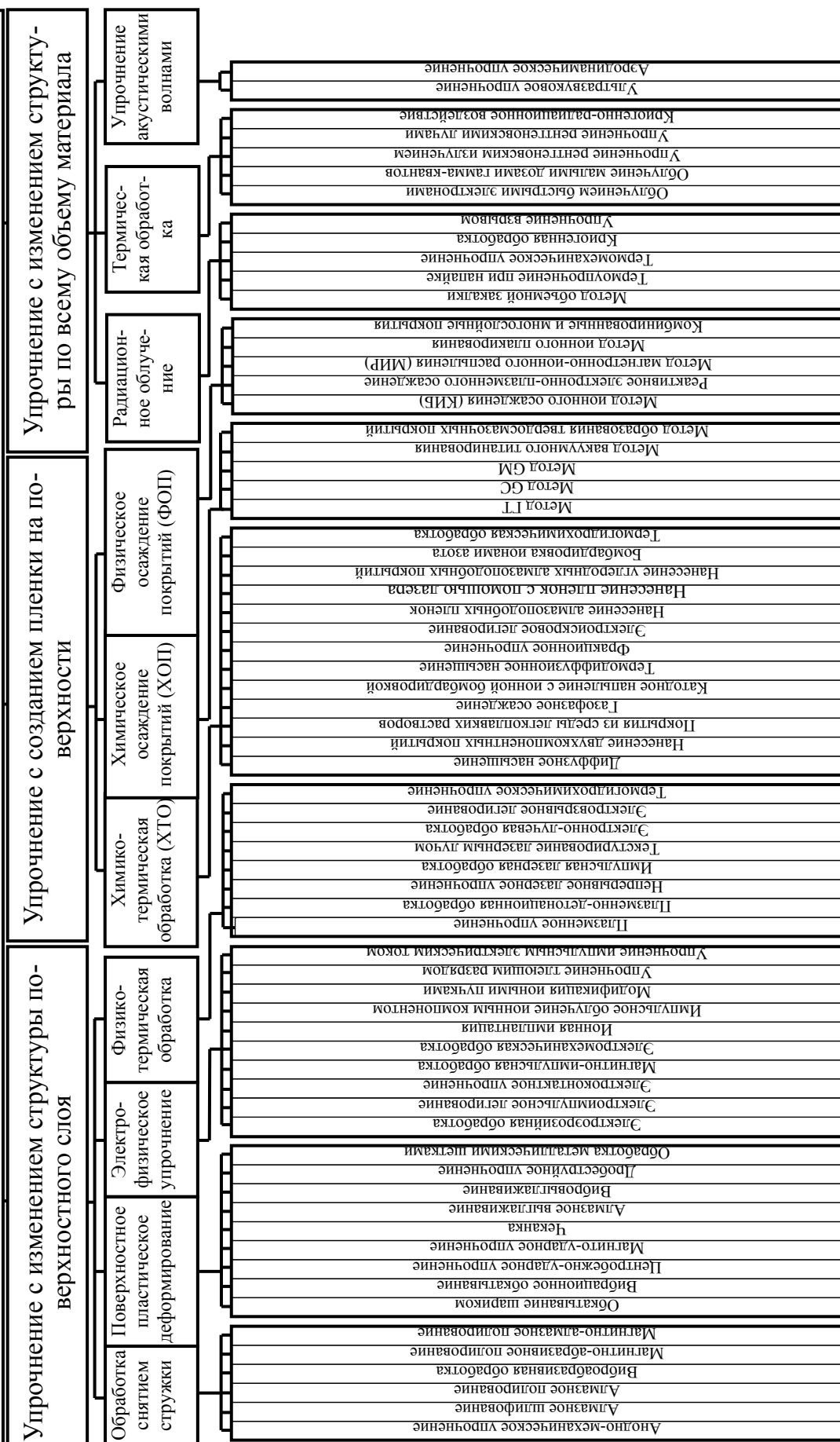
Специфика обработки поверхностей при прерывистом резании требует наличия более совершенного твердосплавного инструмента, обладающего одновременно высокими показателями по твердости и ударной вязкости. Эффективным направлением совершенствования твердосплавных инструментов является их дальнейшая доработка за счет упрочнения. Все механизмы упрочнения связаны со структурно-фазовыми и дислокационно-кристаллическими превращениями в твердом теле.

Наиболее целесообразной является классификация методов упрочнения по влиянию на структуру упрочняемого материала. Таким образом, методы упрочнения условно можно разделить на три основных класса: упрочнение с изменением структуры поверхностного слоя; упрочнение с созданием пленки на поверхности; упрочнение с изменением структуры по всему объему материала (рис. 1).

Анализ показывает, что в настоящее время не существуют методы упрочнения твердосплавного инструмента, способные одновременно повышать ударную вязкость структуры и не изменять полученную при производстве высокую твердость. Методы упрочнения, основанные на высокоэнергетических и высокотемпературных воздействиях на структуру сплава, не в состоянии достичь одновременно высоких свойств, связанных с прочностью и твердостью, из-за того, что высокотемпературный источник энергии, благодаря которому осуществляется упрочнение, наряду с увеличением прочностных характеристик, обеспечивает снижение поверхностной твердости из-за возникновения отпуска структуры при остывании материала. Низкотемпературные методы упрочнения не обладают достаточно высокими энергиями, способными оказывать воздействия на весь объем изделия, а только производят упрочнение в поверхностных слоях, что недостаточно для повышения вязкопрочностных характеристик твердого сплава, необходимых для инструмента, воспринимающего ударные нагрузки.

Для решения сложной технологической задачи, связанной с повышением стойкости и одновременным сохранением высоких характеристик по твердости твердых сплавов, работающих в тяжелых технологических условиях с ударной нагрузкой, предложено осуществлять упрочнение твердосплавного инструмента волнами звуковой частоты. Для чего разработан и запатентован метод аэродинамического упрочнения, отнесенный к третьему классу предложенной классификации.

Методы упрочнения твердых сплавов



УДК 621.9
ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ТВЕРДОСПЛАВНОГО
ИНСТРУМЕНТА ОСНОВНЫМИ МИРОВЫМИ ПРОИЗВОДИТЕЛЯМИ

А. А. ЖОЛОБОВ, А. Н. ЖИГАЛОВ, А. В. БОГДАНОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Так как на свойства и технологические возможности твердосплавного инструмента влияет большое количество факторов, начиная с состава и размера зерен карбидных составляющих твердых сплавов и заканчивая технологией производства и совершенствования самого твердосплавного инструмента, то каждый из производителей инструмента строит свои коммерческие преимущества на отдельных, известных только ему, уникальных особенностях свойств твердосплавного материала и технологий.

Распределенные по кластерам основные мировые производители твердосплавного инструмента, анализ которых позволил установить направления их стратегического развития:

1) совершенствование технологии производства субмикронных карбидов, создание мелкодисперсных поликристаллических структур, создание наноструктурных твердых сплавов;

2) совершенствование «связки», связанное с использованием высокопрочных и жаростойких связок, содержащих, кроме кобальта, тугоплавкие металлы, не образующие устойчивых карбидов;

3) изменение структуры сплава за счет равномерности распределения его компонентов по объему изделия, однородности зерен WC, входящих в его состав, по размеру, форме и т. д.;

4) создание универсальных конструкций стружколомающих рельефов на передней поверхности твердосплавного инструмента;

5) совершенствование технологий упрочнения рабочих поверхностей твердосплавного инструмента и нанесение на них покрытий с высокой износостойкостью.

Данные направления совершенствования и развития производства твердосплавного инструмента, связанные с большими финансовыми затратами, не в состоянии в полном объеме обеспечить повышение стойкости инструмента при работе с ударами, большими знакопеременными нагрузками. Для решения такой актуальной проблемы предложен высокоэффективный метод аэродинамического звукового упрочнения твердосплавного инструмента, способный с небольшой добавленной стоимостью существенно улучшать прочностные характеристики твердых сплавов при сохранении их высокой исходной твердости [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способ аэродинамического упрочнения изделий: пат. ВУ 2557175 / А. Н. Жигалов, Г. Ф. Шатуров, В. М. Головков. – Опубл. 20.07.2015.

МЕТОД РАСЧЕТА ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МНОГОПЕРИОДНЫХ ДОРОЖЕК ПЛАНЕТАРНЫХ ПЕРЕДАЧ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ

А. В. КАПИТОНОВ, К. В. САСКОВЕЦ, М. В. ЛЕБЕДЕВ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Для оценки точности обработки на металлорежущих станках деталей с многопериодными дорожками планетарных передач с промежуточными телами качения разработан метод расчета геометрических погрешностей дорожек на стадии их проектирования. Согласно разработанному методу обрабатываемая поверхность детали (система координат $x_1y_1z_1$) смещена и повернута относительно выбранной системы координат (система координат станка $x_0y_0z_0$). Смещение периодической кривой от номинального положения при обработке многопериодной дорожки определяется следующей зависимостью:

$$\Delta_{\Sigma x,y,z} = \frac{1}{K} \sqrt{\Sigma(K_i \Delta_{\delta})^2 + (K_i \Delta_z)^2 + \Sigma(K_i \Delta_{пр})^2 + \Sigma(K_i \Delta_y)^2 + (K_i \Delta_n)^2 + \Sigma(K_i \Delta_{ст})^2 + (K_i \Sigma \Delta_T)^2} + \Delta_n, \quad (1)$$

где $\Sigma \Delta_{\delta}$ – суммарная погрешность базирования заготовок в технологических приспособлениях или на станке; Δ_z – погрешность закрепления заготовок в технологических приспособлениях или на станке; $\Sigma \Delta_{пр}$ – суммарная погрешность изготовления технологического приспособления; $\Sigma \Delta_y$ – суммарная погрешность от упругих деформаций технологической системы при обработке деталей; Δ_n – погрешность настройки технологического оборудования (металлорежущих станков); $\Sigma \Delta_{ст}$ – суммарная погрешность геометрической неточности станка, на котором производится обработка деталей; $\Sigma \Delta_T$ – суммарная погрешность от тепловых деформаций технологической системы; Δ_n – погрешность от износа режущего инструмента.

По полученным значениям смещений периодической кривой, характеризующих погрешности обработки многопериодной дорожки, можно построить ось периодической дорожки (периодическую кривую), которая для синусоиды, циклоиды, смещенной окружности и спирали Архимеда, т. е. для кривых, формирующих профиль многопериодной дорожки, в полярных координатах описывается уравнениями [1].

Тогда координаты периодической кривой на плоскости X_0OY_0 с учетом погрешностей можно определить по формулам:

$$x_0 = \rho \cos \varphi \pm \Delta_{\Sigma x}; \quad y_0 = \rho \sin \varphi \pm \Delta_{\Sigma y}, \quad (2)$$

где ρ – радиус-вектор одной из кривых (синусоиды, циклоиды, смещенной окружности, спирали Архимеда).

На рис. 1 показана схема периодической кривой с геометрией возможных ее смещений (погрешностей), возникающих при обработке на станке.

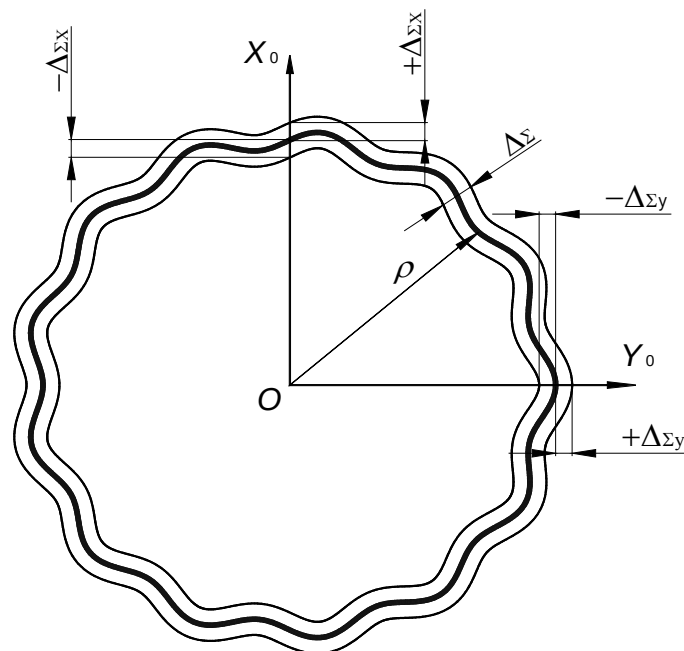


Рис. 1. Схема периодической кривой с геометрическими параметрами ее смещений (погрешностей обработки)

На схеме (см. рис. 1) показаны номинальная периодическая кривая (средняя линия), являющаяся осью многопериодной дорожки, действительные кривые, представляющие собой границы возможных смещений номинальной кривой после обработки на станке, а также смещения кривой (погрешности обработки) $\pm\Delta_{\Sigma x}$, $\pm\Delta_{\Sigma y}$ и суммарная погрешность Δ_{Σ} .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методы экспериментальных исследований кинематической точности планетарных передач с промежуточными телами качения и контроля профиля беговых дорожек / А. В. Капитонов, С. Г. Черняков, К. В. Сасковец, А. И. Касьянов // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2016. – № 2 (51). – С. 41–50.

УДК 621.91; 658.56
КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ПЛАНЕТАРНЫХ ПЕРЕДАЧ

А. В. КАПИТОНОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В. Е. АНТОНЮК
Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси
Минск, Беларусь

Производство современных планетарных передач связано с требованиями увеличения передаваемой мощности со снижением массы. В современных мобильных средствах с электроприводом частоты вращения входного элемента передач составляют от 6 до 15 тысяч оборотов в минуту. При этом к этим передачам сохраняется требование обеспечения низкого уровня шума и вибраций.

Современное отечественное производство планетарных передач пока не имеет гарантированных технологических методов изготовления и контроля передач с частотами вращения входного элемента выше 6000 мин^{-1} , поэтому разработка методов изготовления и контроля таких передач является актуальной задачей.

Для установления объективных шумовых характеристик конкретной передачи необходимо выполнить комплекс мероприятий, заключающийся в разработке конструкторской документации, в которую должны быть включены нормы точности, связанные с параметрами шума.

Существующее мнение, что основным путем снижения шумовых характеристик передачи является простое повышение точности в большинстве случаев не оправдывается. Во-первых, используемые нормы точности передач по отечественным стандартам ГОСТ устарели, а использование таких стандартов, как DIN или ISO, пока не имеет официального статуса. Во-вторых, даже использование стандартов DIN или ISO также не гарантирует достижение желаемых результатов по снижению шума передач.

Имеется определенный отечественный опыт в исследовании причин и путей снижения шума зубчатых передач, базирующийся на поэлементном контроле со спектральным анализом шума и кинематической погрешности.

Кинематическая погрешность окончательно собранной передачи и ее спектральный анализ позволяют оценить фактическую точность собранной передачи в конкретном корпусе с конкретными подшипниками, валами и т. д., а ее спектральный анализ позволяет четко выделить погрешности каждого из этих элементов.

Для оценки результатов предлагается использовать методику обработки выделенных результатов измерения из записи двухпрофильного контроля для вычисления среднего квадратического значения гармонических составляющих по способу, приведенному в патенте № 028499 [1] (рис. 1).

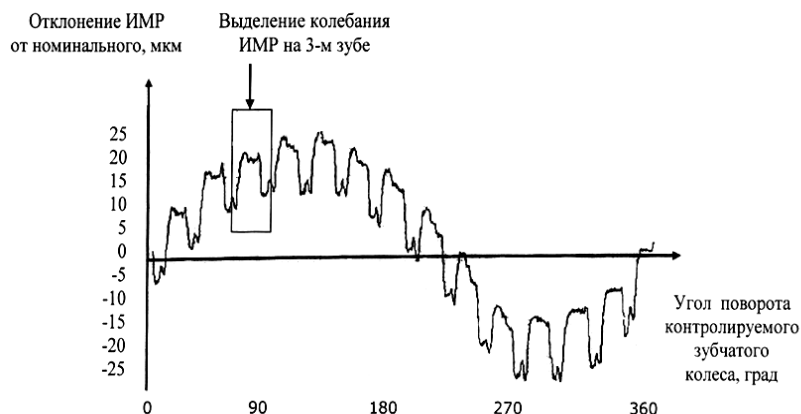


Рис. 1. Схема обработки результатов записи измерения по патенту № 028499

Для оценки кинематических погрешностей механических передач также предлагается использовать автоматизированный стенд и разработанную методику измерений при нагрузках до 80 Н·м на выходном валу. На рис. 2 показано окно программы Shark, входящей в программное обеспечение стенда, с полученными результатами амплитудно-частотного спектра кинематической погрешности редуктора ($i = 49$).

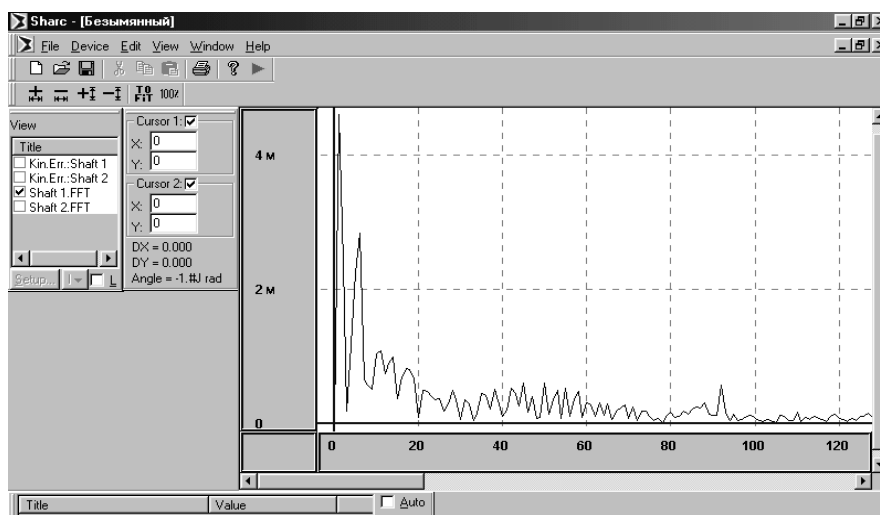


Рис. 2. Амплитудно-частотный спектр кинематической погрешности

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способ контроля норм плавности работы зубчатого колеса: Евраз. пат. 028499 // Изобретения (евразийские заявки и патенты): бюл. Евраз. пат. ведомства. – 2017. – № 11.

УДК 621.926.5
ВАРИАНТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ФУТЕРОВКИ
МЕЛЬНИЦЫ МОКРОГО САМОИЗМЕЛЬЧЕНИЯ «ГИДРОФОЛ»

А. А. КЛЕМЕНТЬЕВА, Ю. М. ФАДИН
Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова
Белгород, Россия

В настоящее время актуально использование мельниц мокрого самоизмельчения.

По сравнению с измельчением в шаровых и стержневых мельницах самоизмельчение имеет следующие преимущества:

- достигается экономия в расходе стали, т. к. не применяются шары;
- уменьшается переизмельчение руды благодаря разлому кусков преимущественно по межзерновым контактам, т. е. по наиболее ослабленным местам кристаллической структуры.

С целью повышения эффективности процесса измельчения, качества продукции, повышения эксплуатационных характеристик узлов машины был проведен обзор технической и патентной литературы. По результатам исследований были отобраны технические решения, предложенные фирмой Metso.

В авторском свидетельстве № 2124947 класс В 02 С 17/18 целью изобретения является повышение эффективности процесса измельчения при одновременном обеспечении сохранности кристаллического ценного компонента [1, 2].

Для этого поверхность футеровочной плиты имеет каблучковый профиль, при котором необходимо расположение в ряду подъемных элементов максимальной высоты на расстоянии, соответствующем трехкратной высоте минимального элемента, которое обеспечивает выделение из потока материала куска той крупности, которая позволяет получить в процессе самоизмельчения максимальный выход готового продукта [4].

В авторском свидетельстве № 2028816 класс В 02 С 17/18 целью изобретения является повышение надежности путем регулирования угла наклона плит в сторону вращения мельницы.

Для этого каждая наклонная плита оснащена передними и задними по ходу вращения мельницы шарнирными узлами, размещенными на нерабочей поверхности плиты, при этом крепления-опоры передних шарнирных узлов выполнены нерегулируемыми, а задних – регулируемыми по высоте [4].

В техническом решении фирмы Metso предполагается увеличение срока службы элементов футеровки путем технологичности ее изготовления.

Для этого футеровку, состоящую из промежуточной плиты, малого лифтера, большого лифтера, изготавливают из износостойкой резины, при этом лифтеры дополнительно имеют металлические вкладыши и систему крепления, соединенные с резиной химическим способом. Благодаря минимальной высоте металлических профилей и болтов, футеровка изнашивается до минимума, не повреждая систему крепления.

Для проектирования мельницы мокрого самоизмельчения с данными модернизациями разумно использовать современные системы автоматизированного проектирования. В настоящее время существует огромное количество систем, обеспечивающих автоматизацию проектно-конструкторских и технологических работ.

Одними из самых эффективных программных продуктов на сегодняшний день являются PLM-система Teamcenter и CAD/CAM/CAE-система NX. Использование PLM-технологии позволяет осуществить управление жизненным циклом изделия, начиная от этапов проведения анализа рынка и заканчивая утилизацией изделия.

Приложение «Менеджер структуры», являющееся частью программного продукта Teamcenter, позволяет управлять вариантным составом изделия. Разработанный состав изделия будет включать в себя всевозможные варианты исполнения. Благодаря таким возможностям нам не придется строить модели машины для каждой модернизации отдельно, что существенно упрощает процесс разработки изделия [3].

Вариативные структуры позволяют управлять условиями вхождения тех или иных компонентов в состав сборочного изделия. При работе над проектом изучаются типовые узлы машины, происходит их унификация и определяются основные отличия. В качестве вариантного изделия может быть деталь или сборочная единица, входящая в разные уровни головной сборки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы расчета машин и оборудования предприятий строительных материалов и изделий / В. С. Богданов, Р. Р. Шарапов, Ю. М. Фадин, И. А. Семикопенко, Н. П. Несмеянов, В. Б. Герасименко. – Москва: Машиностроение, 2012. – 688 с.

2. **Богданов, В. С.** Процессы помола и классификация в производстве цемента: учебное пособие / В. С. Богданов, Н. П. Несмеянов. – Москва: Машиностроение, 2004. – 200 с.

3. Проектирование в NX под управлением Teamcenter / М. Ю. Ельцов, А. А. Козлов, А. В. Седойкин, Л. Ю. Широкова. – 2010. – 783 с.

4. [http:// www.fips.ru](http://www.fips.ru).

УДК 681.5.015
ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ
МАНИПУЛЯТОРАМИ С УЧЕТОМ ОГРАНИЧЕНИЙ

М. М. КОЖЕВНИКОВ, И. Э. ИЛЮШИН
Могилевский государственный университет продовольствия

В. М. ШЕМЕНКОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В данной работе предложена программная реализация системы управления промышленным манипулятором для технологического процесса дуговой сварки. Данная программная реализация успешно интегрирована в исследовательскую систему моделирования сборочно-сварочных роботизированных технологических комплексов (РТК). Предлагается набор программных модулей со следующими функциональными возможностями: задание диапазонов изменения углов сварки α , β , γ для каждой сварной точки индивидуально; поиск допустимых значений углов сварки в заданных диапазонах с возможностью тестирования столкновений в режиме реального времени для отдельных точек сварки; задание диапазонов изменения углов сварки α , β , γ для отдельных сварных швов; поиск допустимых значений углов сварки в заданных диапазонах с возможностью тестирования столкновений в режиме реального времени вдоль отдельных сварных швов; задание диапазонов изменения углов сварки α , β , γ для отдельных групп сварных швов; поиск допустимых значений углов сварки в заданных диапазонах с возможностью тестирования столкновений в режиме реального времени вдоль групп сварных швов.

Интеграция предлагаемой программной реализации с системой моделирования сборочно-сварочных РТК позволяет эффективно применить найденные траектории движения манипуляторов для задач автономного программирования и управления роботами-манипуляторами. Результаты расчета допустимых положений робота-манипулятора вдоль швов дуговой сварки представляются в виде интерактивных таблиц. Допустимые позиции подсвечиваются зеленым цветом, позиции, в которых произошли столкновения, – красным цветом. Для перемещения сварочной горелки в промежуточную точку необходимо щелкнуть мышью по соответствующей графе интерактивной таблицы. При этом выполнена визуализация перемещения технологического инструмента в соответствующую точку шва дуговой сварки.

Программный модуль, реализующий метод учета технологических ограничений при генерации программных траекторий сборочно-сварочных роботов позволяет выполнить планирование оптимальных траекторий при

наличии ограничений на положение и ориентацию технологического инструмента и основан на том, что углы α , β , γ , определяющие ориентацию технологического инструмента и индикатор конфигурации робота, рассматриваются в качестве свободных переменных в задаче поиска экстремума критерия качества.

На рис. 1 показан интерфейс, позволяющий выбрать сварные швы и технологические ограничения сварки. Для задания ограничений используется меню, содержащее следующие поля: *Seams length* – поле ввода информации по длине шва; *Path from the beginning* – поле ввода информации о смещении инструмента от сварного шва; *Offset from the seam (mm)* – поле ввода информации о смещении от сварного шва со стороны подхода; *Welding angle ALPHA (deg)* – поле ввода информации об угле α ; *Welding angle BETA (deg)* – поле ввода информации об угле β ; *Welding angle GAMMA (deg)* – поле ввода информации об угле γ .

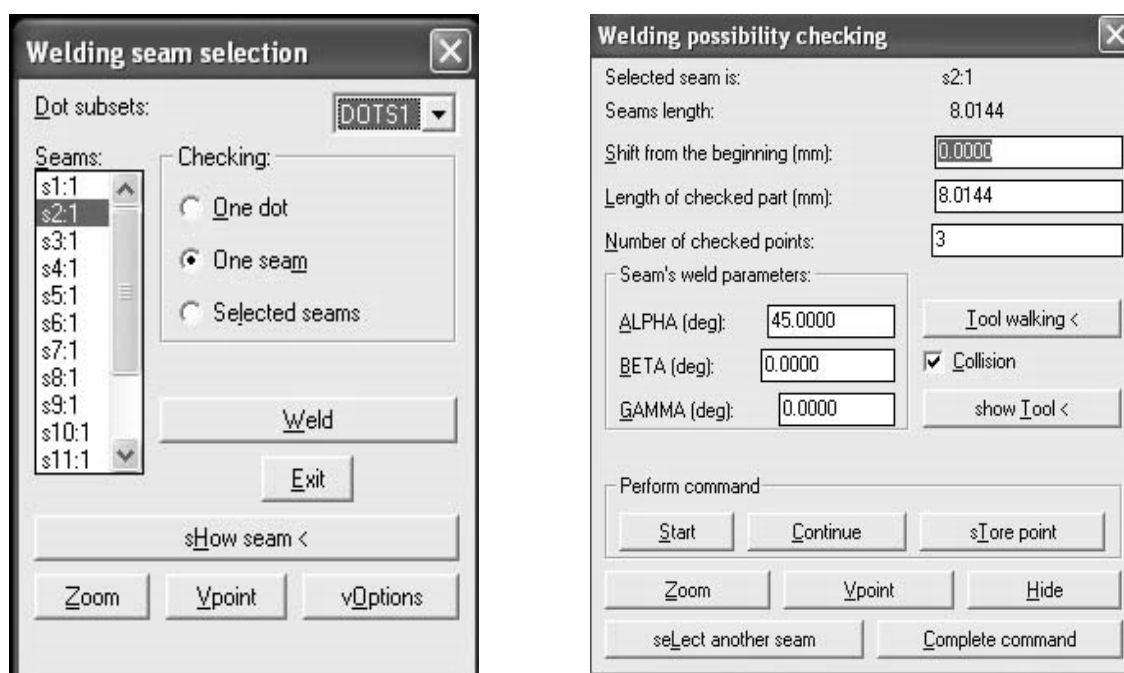


Рис. 1. Интерфейс выбора сварных швов и технологических параметров сварки

Предложены оценки вычислительной эффективности программной реализации системы управления с учетом кинематических характеристик промышленного робота-манипулятора Fanuc 710iC/50. Успешное тестирование разработанного программного обеспечения в исследовательской системе моделирования РТК подтверждает, что предложенный подход к управлению эффективен и позволяет реализовать адекватные движения робота в условиях технологических ограничений.

УДК 621.9.015
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ
ИНСТРУМЕНТОМ С ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМОЙ ТЕПЛООТВОДА

И. Н. КОКОРИН, Р. Ю. НЕКРАСОВ
Тюменский индустриальный университет
Тюмень, Россия

Избыточное повышение температуры за счет выработки тепла в процессе резания является существенной проблемой современного машиностроения. Температура ускоряет износ инструмента, уменьшает точность обработки и качество обработанных поверхностей.

Наибольшие температуры возникают в зоне контакта стружки с передней поверхностью резца, особенно при обработке низкотеплопроводных труднообрабатываемых материалов.

Вопрос доведения до максимума термического контакта решён в специально изготовленном инструменте, имеющем систему каналов для подвода, отвода охлаждающей жидкости и канал для её взаимодействия с опорной поверхностью сменной режущей пластины для косвенного отвода тепла от режущего лезвия инструмента. Схема отвода представлена на рис. 1.

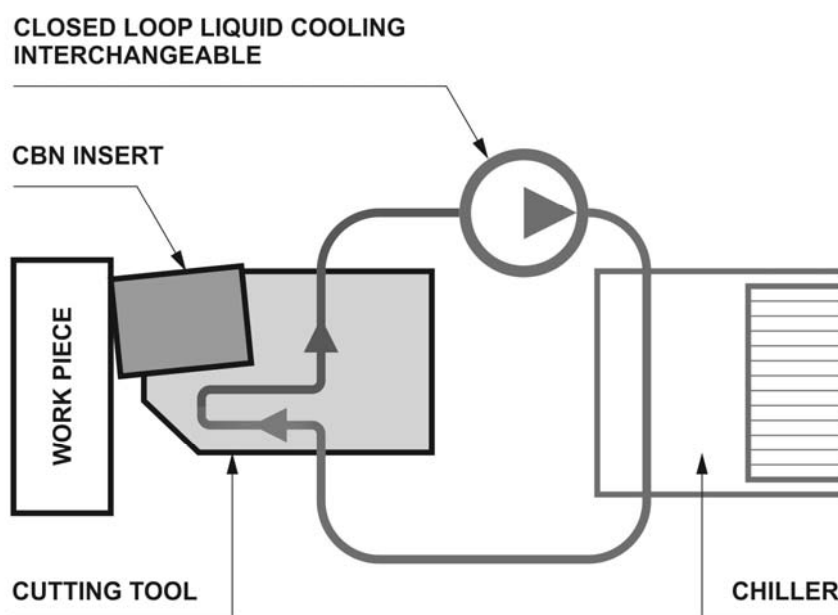


Рис. 1. Схема отвода

Проведенные исследования показали, что применение замкнутой системы охлаждения способствует как повышению чистоты обработанной поверхности, так и повышению стойкости СТП.

УДК 621.9.047.7
ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЛЕКСНОГО
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОГО
ВОЗДЕЙСТВИЯ В УПРАВЛЯЕМЫХ ИМПУЛЬСНЫХ РЕЖИМАХ

А. Ю. КОРОЛЁВ, В. С. НИСС, А. Э. ПАРШУТО
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Электролитно-плазменная обработка (ЭПО) получила широкое распространение в промышленности в качестве альтернативы традиционным химическим, электрохимическим и механическим методам повышения качества поверхности изделий из металлических материалов [1, 2]. ЭПО имеет ряд существенных преимуществ перед традиционным методом электрохимического химического полирования: использование в качестве дешевых электролитов на основе водных растворов солей концентрацией 3...5 %, высокая интенсивность сглаживания микронеровностей.

Однако, основным недостатком ЭПО по сравнению с электрохимическим полированием является высокая энергоемкость. Так, ЭПО выполняется при напряжении около 300 В и плотности тока 0,12...0,15 А/см², а в процессе электрохимического полирования напряжение обычно не превышает 30 В при таких же значениях плотности тока. Таким образом, энергопотребление при ЭПО на порядок выше, чем при электрохимическом полировании.

Электрохимическое полирование и ЭПО являются разновидностями анодного процесса. Так, традиционно вольт-амперная характеристика анодного процесса в электролите имеет три стадии – электрохимическая, переходная (нестационарная), электролитно-плазменная:

- при сравнительно низких напряжениях (до 40...50 В) в электролите происходят классические электрохимические процессы;
- в переходной (нестационарной) стадии при напряжении 50...200 В вокруг анода образуется неустойчивая парогазовая оболочка, характеризующаяся низкочастотными колебаниями тока;
- устойчивая стадия процесса (200...350 В), соответствующая режиму ЭПО, которая сопровождается формированием сплошной парогазовой оболочки вокруг всей обрабатываемой поверхности; возникает многофазная система металл – плазма – газ – электролит, а явления, происходящие в приэлектродной области, не описываются в рамках классической электрохимии.

Анализ вольт-амперной характеристики анодного процесса в электролите показывает, что возможным методом снижения энергоемкости и повышения эффективности процесса полирования металлических материалов при сохранении высокой интенсивности, качества обработки и экологической безопасности является совмещение в одном процессе двух стадий: электро-

химической и электролитно-плазменной. Это может быть достигнуто за счет использования униполярного импульсного режима с амплитудой более 200 В, при котором в пределах каждого импульса последовательно чередуются стадии электрохимического процесса, переходная стадия и устойчивая стадия ЭПО. Соответственно импульсы должны иметь положительную полярность, а их длительность должна быть достаточной для формирования устойчивой парогазовой оболочки, т. е. для достижения стадии ЭПО.

Эксперименты, проведенные нами на цилиндрических образцах диаметром 2 мм из коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т при использовании в качестве электролита 4-процентного раствора сульфата аммония показали, что при приложении импульсного напряжения с амплитудой 250 В с длительностью импульсов 0,5...10 мс продолжительность отдельных стадий можно регулировать в следующих диапазонах:

- химическое травление (пауза между импульсами) – 2...10 мс;
- электрохимическая стадия – происходит в начальный период времени, необходимого для установления устойчивой парогазовой оболочки – 0,2...0,5 мс;
- электролитно-плазменная стадия возникает после образования устойчивой парогазовой оболочки и до окончания длительности действия импульса – 0,1...9,0 мс.

Таким образом, повышение эффективности процесса полирования достигается за счет основного интенсивного съема металла при реализации электрохимической стадии с низкими энергетическими затратами и оптимизации продолжительности электролитно-плазменной стадии, при которой достигается высокое качество поверхности. Повышение частоты следования импульсов при снижении их длительности позволяет увеличить электрохимическую составляющую процесса и обеспечить более интенсивный съем материала заготовки, удалить значительные неровности поверхности. Снижение частоты следования импульсов при одновременном увеличении их длительности позволяет увеличить электролитно-плазменную составляющую процесса и достигнуть низкой шероховатости при общем снижении энергоемкости процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электролитно-плазменное полирование титановых и ниобиевых сплавов = Electrolyte-Plasma Polishing of Titanium and Niobium Alloys / Ю. Г. Алексеев, А. Ю. Королёв, В. С. Нисс, А. Э. Паршутто, А. С. Будницкий // Наука и техника. – 2018. – № 3. – С. 211–219.
2. Электролитно-плазменная обработка при нестационарных режимах в условиях высокоградиентного электрического поля / Ю. Г. Алексеев [и др.] // Наука и техника. – 2017. – № 5. – С. 391–399.

УДК 621.74:669.714
ФОРМУЛА ДЛЯ РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ОТЛИВКИ,
ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ НАПРАВЛЕННОГО ЗАТВЕРДЕВАНИЯ

В. Н. ЛАПТИНСКИЙ, А. А. РОМАНЕНКО
Институт технологии металлов НАН Беларуси
Могилев, Беларусь

В [1] предложен подход к аналитическому расчету времени t_f затвердевания цилиндрической отливки из силумина АК12, полученной методом намораживания на водоохлаждаемом стержне [2]. Согласно этому подходу, расчет величины t_f сводится к вычислению действительного корня нелинейного алгебраического уравнения третьей степени, коэффициенты которого определяются по эмпирическим данным, полученным на соответствующей экспериментальной установке, при этом свободный член включает в себя температуру T_k кристаллизации силумина.

В данной работе, являющейся продолжением и развитием [1], для вычисления t_f получена инженерная формула

$$t_f = \frac{2(c_0 - T_k)}{\sqrt{c_1^2 - 4c_2(c_0 - T_k) - c_1}}, \quad (1)$$

где c_i ($i = 0, 1, 2$) – величины, аналогичные приведенным в [1].

Расчеты по формуле (1), очевидно, гораздо проще, чем по более точному методу [1], при этом результаты вычислений t_f находятся в пределах, допустимых условиями эксперимента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лаптинский, В. Н. Аналитический расчет времени затвердевания отливки, полученной методом направленного затвердевания / В. Н. Лаптинский, А. А. Романенко // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2018. – С. 38.

2. Марукович, Е. И. Исследование литья полых заготовок из силумина АК18 методом намораживания на водоохлаждаемом стержне / Е. И. Марукович, В. Ю. Стеценко, К. Н. Баранов // Литье и металлургия. – 2011. – № 3 (62). – С. 19–21.

УДК 621.7

МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОБРАЗЦОВ ПОСЛЕ ПНЕВМОВИБРОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

В. М. ЛЕОНОВ, И. Д. КАМЧИЦКАЯ, В. А. ЩЁКОТОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Металлографические исследования проводились на опытных образцах размерами $10 \times 10 \times 10$ мм, изготовленных из чугуна СЧ 20 ГОСТ 1412–85, полученных методом непрерывного литья под давлением в соответствии с условиями изготовления на ОАО «Гомельский литейный завод «ЦЕНТРОЛИТ».

Исследовалось шесть групп образцов:

- 1) после пневмовибродинамической обработки с $Ra \leq 1,15$ мкм (давление сжатого воздуха $P = 0,15$ МПа, подача $S = 80$ мм/мин, зазор между торцом инструмента и заготовкой $h = 0,6$ мм);
- 2) после пневмовибродинамической обработки с $Ra \leq 0,8$ мкм ($P = 0,15$ МПа, $S = 63$ мм/мин, $h = 0,6$ мм);
- 3) после пневмовибродинамической обработки с $Ra \leq 1,15$ мкм ($P = 0,25$ МПа, $S = 80$ мм/мин, $h = 0,4$ мм);
- 4) после шлифования с СОЖ с $Ra \leq 1,15$ мкм;
- 5) после пневмовибродинамической обработки с $Ra \leq 1,5$ мкм ($P = 0,20$ МПа, $S = 63$ мм/мин, $h = 0,6$ мм);
- 6) после пневмовибродинамической обработки с $Ra \leq 1,0$ мкм ($P = 0,15$ МПа, $S = 80$ мм/мин, $h = 0,4$ мм).

Анализ металлографии выполняли с использованием сканирующего электронного микроскопа при диапазоне увеличения 500...5000х.

Этапы металлографической подготовки образцов: вырезка образцов; плоское шлифование; полирование; травление.

Установлено, что в структуре чугуна кроме графитовых включений в виде пластин присутствует цементит, придающий шлифу специфический светлый блеск. Присутствие в структуре цементита свидетельствует о наличии отбеленного слоя.

Пневмовибродинамическая обработка приводит к дроблению частиц цементита на глубину порядка 200 мкм и вбиванию его в графитовые включения (рис. 1).

При увеличении до 5000 раз для образцов после пневмовибродинамической обработки явно просматривается упрочненный наклепанный поверхностный слой с измененными дюротрическими характеристиками по сравнению с исходными образцами (рис. 2).

*Исходный образец
(шлифование с СОЖ)*

*Образец после
пневмовибродинамической
обработки*

увеличение 2500

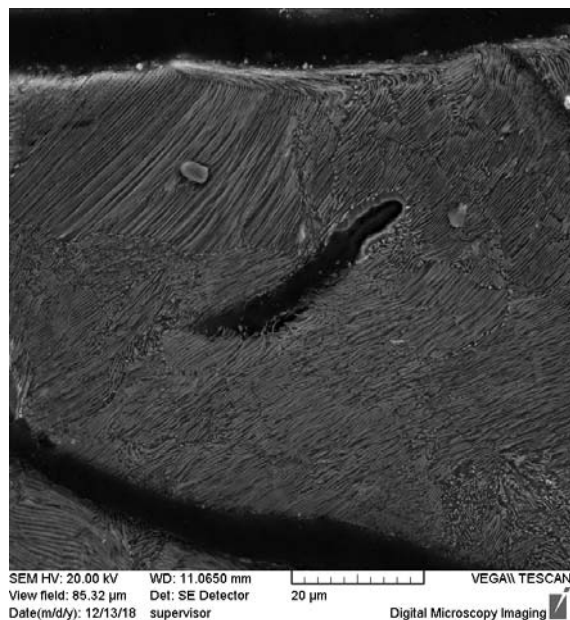
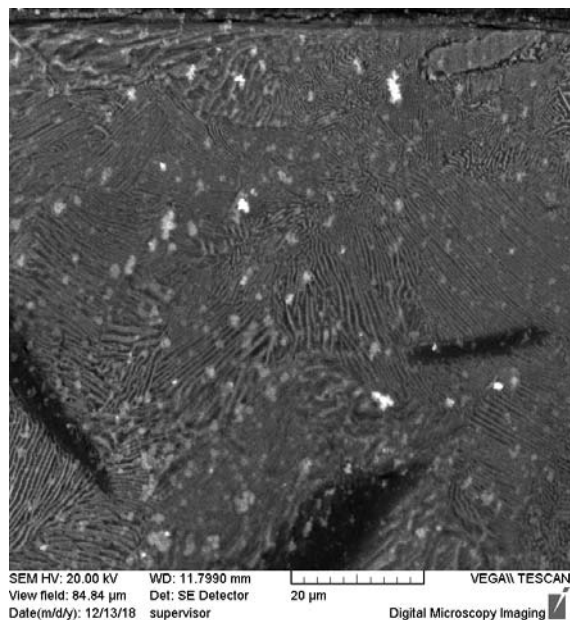


Рис. 1. Металлография чугунных образцов (масштабирование 2500)

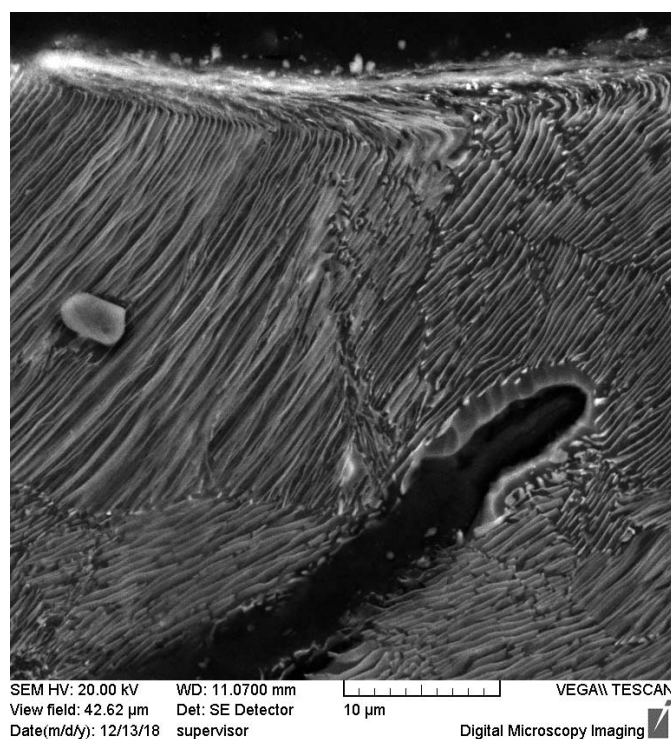


Рис. 2. Металлография чугунного образца после импульсно-ударной пневмовибродинамической обработки (масштабирование 5000)

УДК 621.833.16

АДАПТИВНАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

М. Н. МИРОНОВА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Решение задач в области технологии машиностроения часто связано с проблемой поиска оптимального решения (выбора оптимальных режимов обработки, оптимальной структуры технологических операций, переходов, оптимальной конструкции технологической оснастки и др.).

Поиск оптимальных решений можно осуществлять, используя функциональные семантические сети, представляющие собой логическую схему, описывающую функциональные взаимосвязи между аргументами совокупности математических зависимостей [1].

Как правило, при построении функциональных сетей необходимо иметь набор математических отношений, описывающих проектируемый процесс. Однако при определении связи между параметрами технологического процесса часто возникает необходимость проведения экспериментальных исследований, результатом которых являются не зависимости, а наборы данных. Для использования результатов экспериментов при построении сетей необходимо проанализировать полученные данные и представить их в виде эмпирических моделей.

Для практической реализации описанного подхода на базе оболочки Semantic [2] была создана адаптивная интеллектуальная система, позволяющая на основе систематизации результатов экспериментальных исследований устанавливать отношения, определяющие зависимости между параметрами технологической системы и оснащения.

Для этого существенно переработан интерфейс системы, а также подсистема приобретения знаний. Общая структура системы показана на рис. 1.

Ядром системы является постоянно развиваемая база знаний в форме функциональной семантической сети.

Построение базы знаний осуществляется с помощью подсистемы приобретения знаний, выполненной на основе диалоговых окон.

Подсистема приобретения знаний состоит из модуля создания и модуля редактирования базы знаний.

Каждый модуль подсистемы содержит функцию построения эмпирических зависимостей, учитывающую их вид и результаты экспериментальных данных.

Полученные системой эмпирические модели преобразовываются в отношения, определяющие функциональные зависимости между параметрами

рами сети $P_1, \dots, P_j, \dots, P_k$ и имеющие следующий вид:

$$f(P_1, \dots, P_j, \dots, P_k) = 0.$$

Новое отношение система добавляет в базу знаний.

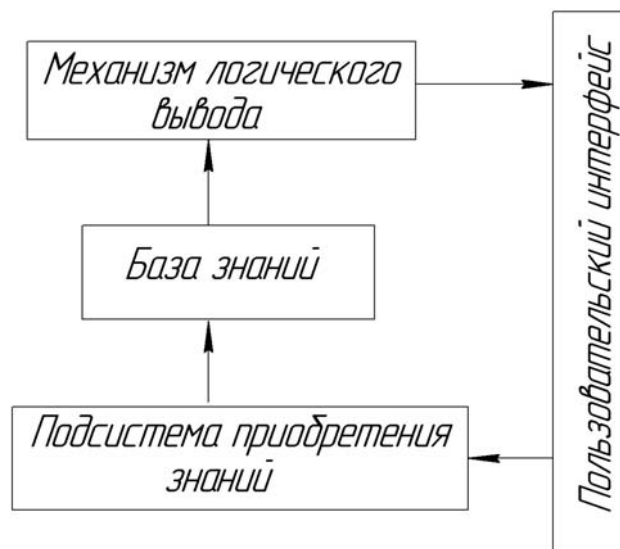


Рис. 1. Структура системы

Адаптивные свойства системы обеспечиваются за счет возможности преобразования набора данных в последовательность вычисляемых функций, что позволяет системе самостоятельно формировать или редактировать базу знаний.

Таким образом, описанная система обладает существенным преимуществом по сравнению с традиционными интеллектуальными системами на основе функциональных семантических сетей. Данная система самостоятельно в процессе решения поставленной задачи формирует эмпирические зависимости, связывающие параметры технологического процесса и оснащения. Это существенно снижает требования к квалификации технолога, упрощает и ускоряет процесс поиска решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Пашкевич, В. М.** Функциональные семантические сети для обеспечения точности механической обработки / В. М. Пашкевич, М. Н. Миронова. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2015. – 200 с.
2. Компьютерная программа SEMANTIC: свидетельство о регистрации компьютерной программы № 361 / В. М. Пашкевич, М. Н. Миронова; заявитель и правообладатель Белорус.-Рос. ун-т. – № С20110081; заявл. 10.10.2011; зарегистр. 03.11.2011. – 1 с.

УДК 621.9
ОПТИМИЗАЦИЯ СТРАТЕГИЙ ФИНИШНОЙ 3-ОСЕВОЙ
ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ

Е. В. НИКУЛЬШИН, И. Д. КАМЧИЦКАЯ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В настоящее время в машиностроении фрезерная обработка является одной из самых востребованных услуг на рынке. Для обработки используют высокопроизводительные способы фрезерования, к которым относятся скоростное и силовое фрезерование. Эти способы позволяют значительно сократить время обработки и тем самым повысить производительность. При выполнении работ применяется 3-, 4-, 5-координатное высокоточное оборудование, требующее автоматизации разработки управляющих программ в САМ-системах.

Современный высокоскоростной станок с ЧПУ требует другого подхода к программированию обработки. Переход от традиционного силового резания к высокоскоростному не только увеличивает производительность и качество обработки, но и продлевает срок службы станка и инструмента.

Обработка формообразующей оснастки – литейные формы, штампы – требует особого подхода при программировании. Здесь важно качество поверхности и отсутствие местных искажений обрабатываемых торцов детали (зарезов). Оптимизация стратегий обработки, благодаря настраиваемым переходам, позволяет минимизировать холостые ходы, а также, из-за использования постоянной нагрузки на инструмент, уменьшить негативные последствия врезания.

Для оптимизации стратегий финишной 3-осевой обработки пологих поверхностей на фрезерном станке с ЧПУ наиболее предпочтительной является САМ-система Delcam PowerMILL – пакет для подготовки управляющих программ 3-координатной обработки для фрезерных станков с ЧПУ.

Многоосевая обработка предполагает одновременное движение станка по трем осям, что предъявляет дополнительные требования к безопасности траектории.

С использованием PowerMILL была разработана сложная стратегия «Спираль» для финишной обработки детали типа «штамп». Стратегия объединила в себе траектории, созданные 2,5D-выборкой при обработке торцов, и обработку с оптимизированной Z на наклонных стенках штампа при доработке. Это позволило избежать зарезов, повысить качество и производительность обработки по сравнению с традиционным программированием фрезерной обработки.

УДК 621.923
ПРИМЕНЕНИЕ БИПОЛЯРНЫХ МИКРОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ
ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛИРОВАНИЯ
ЛЕГКООКИСЛЯЕМЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

А. Э. ПАРШУТО, А. Ю. КОРОЛЁВ, А. С. БУДНИЦКИЙ
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Электрохимическая обработка легкоокисляемых металлов (таких как алюминий, титан, цирконий, магний, ниобий) и сплавов на их основе в современных процессах полирования, глянцеваания и очистки изделий медицинского назначения, деталей машино- и приборостроения имеет ряд специфических проблем. Известна высокая склонность таких материалов к пассивации и образованию в дальнейшем устойчивой окисной плёнки, для пробоя которой необходимо использовать источники высоких напряжений. После её пробоя необходимо снизить напряжение на электродах до уровня, обеспечивающего устойчивый анодный процесс. Обработка легкоокисляемых материалов вследствие указанных причин становится неустойчивой, система может перейти в автоколебательный режим с положительным коэффициентом обратной связи.

Процессы, связанные с анодным растворением и пассивацией при обработке таких материалов, развиваются не сразу, а с различной динамикой в микро- и миллисекундном диапазоне времен. Исследования показали, что улучшения условий протекания процесса обработки можно достичь, используя импульсные режимы обработки [1]. Они создают предпосылки для стабилизации условий и реализации системы управления процессом обработки легкоокисляемых материалов с более устойчивыми характеристиками регулирования. Поэтому, варьируя амплитудой, полярностью и длительностью импульсов тока в этом временном диапазоне, можно сформировать анодный потенциал, обеспечивающий оптимальное соотношение скоростей растворения и пассивационных процессов. Длительности пауз между импульсами также оказывают влияние на протекающие процессы. Для каждой пары «анодный материал – электролит определенного состава» скорости развития процессов разные. Также отличаются и оптимальные величины потенциалов для электрохимической обработки. Соответственно отличаются и амплитудно-временные параметры импульсов тока (амплитудная плотность тока, длительности импульса и паузы между импульсами), обеспечивающие, например, наивысшую скорость растворения материала, или качество сглаживания микрорельефа поверхности при электрохимической полировке. Кроме того, открывается возможность использования менее агрессивных и более дешёвых солей фтора, вместо плавиковой кислоты.

По результатам проведенных ранее исследований при использовании импульсных токов с миллисекундной длительностью импульсов (от 0,1 до 100 мс) значительное снижение шероховатости поверхности и существенное повышение отражательной способности были достигнуты для технически чистого алюминия, алюминиевых сплавов Д16Т, В95 и АД31, а также для технически чистого титана ВТ1-0. Причем обработка титана выполнялась в электролите, не содержащем плавиковую кислоту. При обработке других титановых и алюминиевых сплавов с применением указанного диапазона длительности импульсов на поверхности формировался оксидный слой, качество поверхности при этом не улучшалось.

Учитывая установленное чрезвычайно важное влияние импульсов в процессах электрохимического полирования (в особенности при минимальных значениях исследованного диапазона длительности импульсов), возможным решением проблемы качественного электрохимического полирования большинства алюминиевых и титановых сплавов, а также сплавов других труднообрабатываемых легкоокисляемых металлов (циркония, ниобия, магния) являлось дальнейшее повышение частоты следования положительных и отрицательных импульсов (уменьшение длительности импульсов до микросекундного диапазона).

Применение импульсов микросекундной длительности (от 10 до 100 мкс) при электрохимическом полировании легкоокисляемых металлов и сплавов на их основе при оптимальных параметрах позволило существенно повысить качество обработки поверхностей по сравнению с результатами, полученными на постоянном токе с применением традиционных кислотных электролитов, в том числе токсичных, используемых обычно для труднообрабатываемых материалов. Микросекундные импульсы прямой и обратной полярности позволили создать активные участки растворения за счет релаксации свойств электролита в паузе между рабочими импульсами, а также за счет возможности поддержания на аноде значения положительной составляющей поляризующего тока, где сохраняется активированное состояние поверхности, при этом не успевают развиваться диффузионные ограничения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние биполярных импульсов микросекундной длительности на электрохимическое полирование изделий из сплавов меди и высоколегированных коррозионно-стойких сталей / В. С. Нисс, Ю. Г. Алексеев, Е. В. Сорока, А. Э. Паршута, А. Ю. Королёв // Современные электрохимические технологии и оборудование: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 24–25 нояб. 2016 г. – Минск: БГТУ, 2016. – С. 28–32.

УДК 621.95

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГРАННЫХ ОТВЕРСТИЙ СВЕРЛЕНИЕМ

С. Г. ПОЛТОРАЦКИЙ, М. А. БЕЛАЯ, О. Е. ПЕЧКОВСКАЯ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Тенденции развития машин постоянно требуют разработки деталей сложной формы. Зачастую такие детали трудно получить на универсальных станках. К таким узким местам можно отнести обработку гранных отверстий, особенно глухих. Традиционные способы требуют для получения данных отверстий выполнение нескольких технологических операций, либо фрезерование по контуру, с последующей калибровкой, либо выжигание на специализированных станках. Одним из перспективных способов можно предложить сверление данных отверстий специализированным инструментом, который работает по принципу обкатывания. В основе данного инструмента лежит фигура постоянной ширины. При данном методе обработки каждая вершина фигуры постоянной ширины описывает практически весь периметр получаемого отверстия, отклоняясь от этой траектории лишь в углах, где вершина описывает дугу эллипса. При формировании данных отверстий инструмент совершает движение вдоль кривой обката с одновременным перемещением вдоль оси на глубину отверстия (рис. 1).

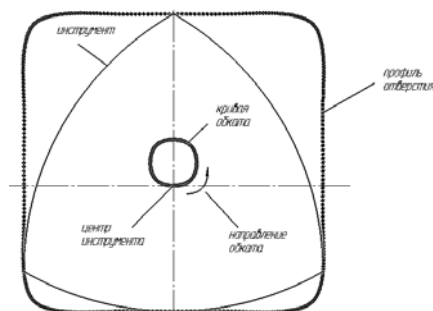


Рис. 1. Кинематика формирования квадратного отверстия

Целью работы является анализ точности обрабатываемых отверстий квадратной и шестигранной формы и установление влияния площади обрабатываемого отверстия на площадь необработанных углов.

При выполнении работы использовались графико-аналитический метод и методы прикладного программного обеспечения.

В результате выполнения работы установлена прямая зависимость площади обрабатываемых отверстий и необработанных углов, также установлено, что при сверлении таких отверстий возникает незначительная погрешность формы, связанная с неидеальностью инструмента.

УДК 621.926.5
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ
В ТРУБНОЙ ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЕ

Е. А. РОМАШОВА, Е. В. ЛАЗЬКО, С. С. ЛАТЫШЕВ
Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова
Белгород, Россия

Трубная шаровая мельница – основной помольный агрегат для измельчения различных материалов. Помол происходит с помощью мелющих тел, частично заполняющих цилиндрический горизонтально расположенный вращающийся барабан.

Мельница имеет свои достоинства и недостатки. К достоинствам можно отнести простоту конструкции, высокую надежность, высокую степень измельчения, большую производительность. К недостаткам – высокие удельные энергетические затраты; низкий коэффициент полезного действия; высокий износ мелющих тел и футеровки; высокий уровень шума и вибрации при работе [1, 2].

Одним из направлений совершенствования процесса измельчения в трубных шаровых мельницах является разработка различных внутримельничных устройств, с целью увеличения производительности и сокращения удельных энергозатрат мельницы. Нами разработана конструкция трубной шаровой мельницы, которая обеспечивает внутримельничную классификацию измельчаемого материала и интенсификацию процесса измельчения [3].

Для этого в камерах грубого и тонкого помола, разделенных межкамерной перегородкой 2, устанавливаются кольцевые диафрагмы 6–10 (рис. 1). Они состоят из соединенных между собой наклоненных перфорированных 11 и сплошных 12 полок. В поперечном сечении полки образуют зигзагообразный профиль. Перфорированные полки установлены перед сплошными и наклонены в сторону камеры тонкого помола. Ширина отверстий 13 в перфорированных полках увеличивается по ходу движения материала.

Трубная шаровая мельница состоит из цилиндрического корпуса 1, в котором установлена межкамерная перегородка 2 и выходная решетка 3. Межкамерная перегородка делит корпус мельницы на камеру 4 грубого помола и камеру 5 тонкого помола. В каждой из этих камер установлены кольцевые диафрагмы 6–10. Эти диафрагмы состоят из перфорированных 11 и сплошных 12 полок. На перфорированных полках выполнены отверстия 13, имеющие удлиненную форму. Длинной стороной они расположены вдоль поперечного контура корпуса мельницы.

В камере грубого помола расположены мелющие тела 14. В камере тонкого помола – мелющие тела 15. Между днищами мельницы кольцевыми

диафрагмами, межкамерной перегородкой и выходной решеткой образованы ячейки 16–22.

Стрелками 23, 25, 27, 29 и 31 показано направление мелющих тел и крупки, стрелками 24, 26, 28, 30 и 32 – направление движения отклассифицированных частиц измельчаемого материала, а стрелкой 33 – направление вращения корпуса.

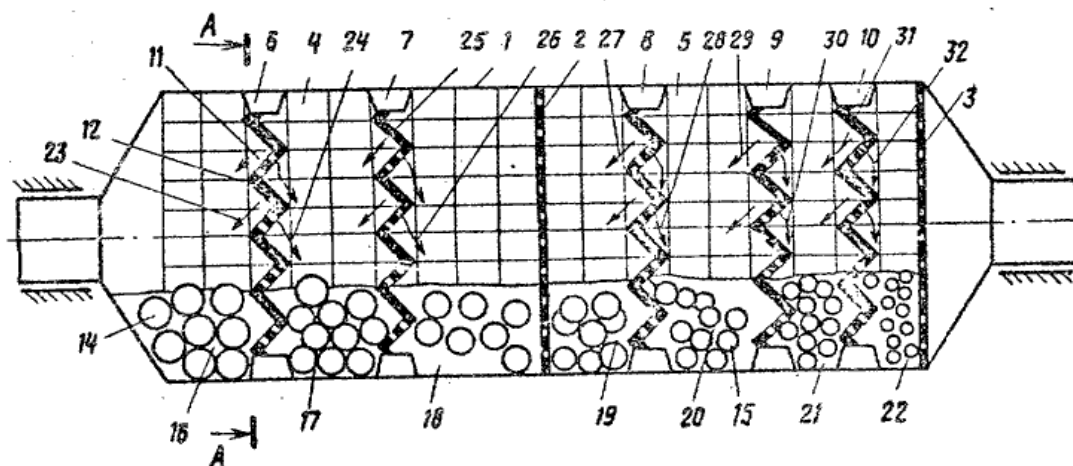


Рис. 1. Трубная шаровая мельница: 1 – корпус; 2 – межкамерная перегородка; 3 – выходная решетка; 4 – камера грубого помола; 5 – камера тонкого помола; 6–10 – кольцевые диафрагмы; 11 – перфорированные полки; 12 – сплошные полки; 13 – отверстия; 14, 15 – мелющие тела; 16–22 – ячейки; 23, 25, 27, 29 и 31 – направление движения мелющих тел и крупки; 24, 26, 28, 30 и 32 – направление движения отклассифицированных частиц; 33 – направление вращения корпуса

Предлагаемая трубная мельница обеспечивает внутримельничную классификацию измельчаемого материала и повышает эффективность процесса измельчения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Процессы помола и классификация в производстве цемента: учебное пособие / В. С. Богданов, Н. П. Несмеянов, А. С. Ильин, Ю. М. Фадин. – Москва: Машиностроение, 2004. – 200 с.
2. Основы расчета машин и оборудования предприятий строительных материалов и изделий: учебник / В. С. Богданов, Р. Р. Шарапов, Ю. М. Фадин, И. А. Семикопенко, Н. П. Несмеянов, В. Б. Герасименко. – Москва: Машиностроение, 2012. – 688 с.
3. Трубная мельница: пат. СССР 1404109 / В. С. Богданов, Н. С. Богданов, В. С. Севостьянов, Ю. М. Фадин, И. Н. Шевченко. – Оpubл. 23.06.1988.

УК 621.9

КИНЕТИКА ЧАСТИЦ ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ В СМЕСИТЕЛЕ С ВИНТОВЫМ ВЕРТИКАЛЬНЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ

П. С. САМСОНОВА, С. Ю. ЛОЗОВАЯ, Н. М. ЛОЗОВОЙ
Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова
Белгород, Россия

В связи с активным развитием промышленного и гражданского строительства в настоящее время в Белгородской области за 2018 г. было введено в эксплуатацию 1215,5 тыс. м² общей площади жилых помещений, при этом 813 тыс. м² построено индивидуальными застройщиками, что предполагает большой объем отделочных работ с использованием гарцовки. Гарцовочные растворы обладают высокой прочностью на сжатие, просты в изготовлении, а также из-за отсутствия в составе химически активных веществ экологически безопасны. Поэтому получение их в достаточном количестве актуально.

Известно, что для получения сухих смесей целесообразно использовать смесители с вертикальными рабочими органами. Одним из которых является смеситель с винтовым вертикальным рабочим органом (рис. 1), состоящий из конического корпуса 1, крышки 4, водила 7, привода рабочего органа 3, привода водила 2, винтового рабочего органа 5, запорного механизма 6.

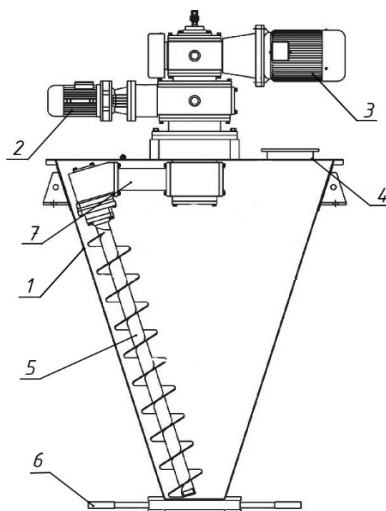


Рис. 1. Схема смесителя с винтовым вертикальным рабочим органом

Рабочий орган 5, вращающийся вокруг собственной оси при помощи двигателя 3 через коническую пару, совершает вращение по сложной траектории вокруг оси корпуса смесителя от двигателя 2 через червячный редуктор, коническую пару и водило 7. Верхний конец винта 5 с помощью

муфты соединяется с водилом 7 и свободно расположен в нижней секции корпуса смесителя. Приводы винта и водила смонтированы на крышке 4 корпуса смесителя. Загрузка материала осуществляется через питатель в верхней крышке, выгрузка – через разгрузочную коробку.

В ходе исследований был проведен натурный эксперимент с целью изучения кинетики смешивания в смесителе с винтовым рабочим органом. В модель смесителя с прозрачным конусом слоями был засыпан материал (рис. 2, а), частицы которого окрашены в разные цвета для удобства визуального отслеживания их перемещения от воздействия винта.

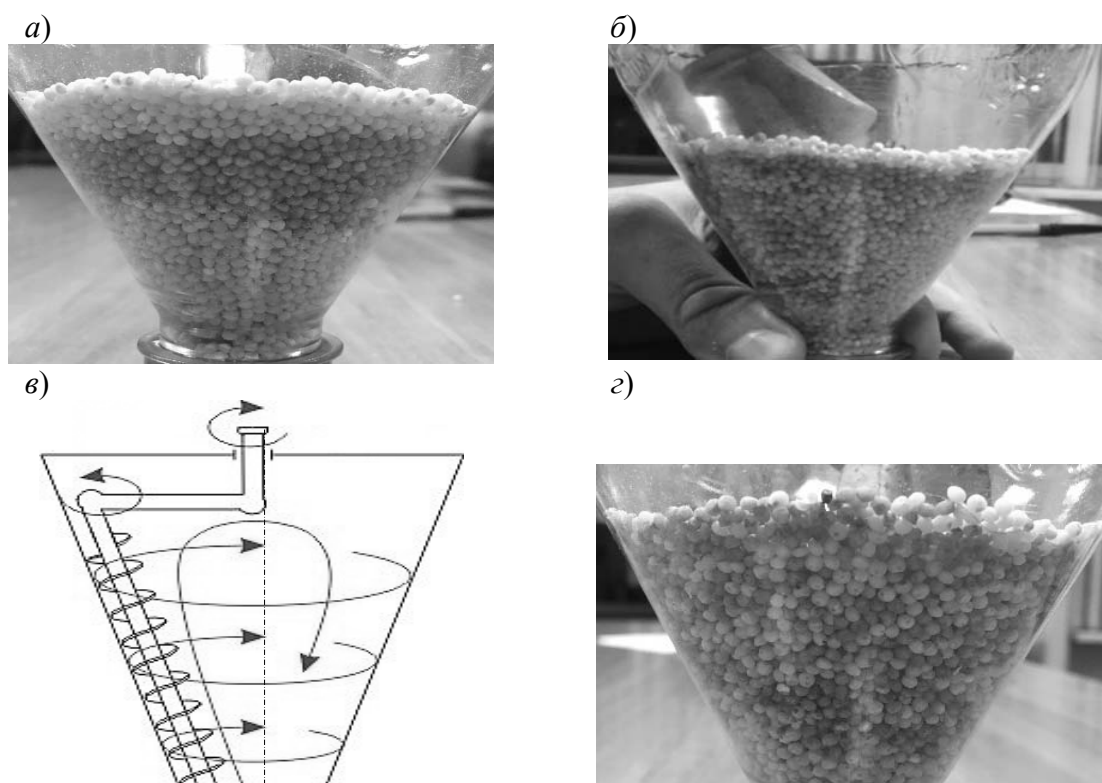


Рис. 2. Процесс смешивания в модели конуса с прозрачной стенкой: а – несмешанный материал; б – движение смешиваемых частиц; в – схема перемещения частиц; г – полностью перемешанный материал

При вращении винта вокруг оси корпуса и собственной оси частицы материала его витками поднимаются вверх (рис. 2, б, в), также часть частиц он увлекает вдоль стенок корпуса, а остальные частицы, расположенные ближе к центру и противоположной стороне конуса от винта, опускаются вниз. Таким образом, в смесительной камере создаются три траектории движения материала: по виткам винта вверх, вдоль стенки смесительной камеры и вниз в пространстве, свободном от воздействия винта. Это приводит к качественному перемешиванию слоёв материала между собой (рис. 2, г).

Данный способ воздействия на частицы материала способствует их быстрому и эффективному перераспределению по всему объему конуса.

УДК 621.9

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОЙ СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩЕЙ НА ДЕФОРМИРУЮЩИЙ ШАР РАСКАТНИКА

Д. М. СВИРЕПА, А. С. СЕМЁНОВА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В Белорусско-Российском университете разработан ряд инструментов для отделочно-упрочняющей обработки с использованием энергии магнитного поля [1, 2]. Одной из их разновидностей являются инструменты для совмещенной обработки резанием и магнитно-динамическим раскатыванием. Сила, действующая со стороны источника магнитного поля (постоянного цилиндрического магнита) на деформирующий шар совмещенного магнитно-динамического раскатника (СМДР), является важнейшим параметром при расчете качественных и эксплуатационных характеристик обрабатываемой заготовки и конструктивных параметров инструмента [3, 4]. Расчет величины магнитной силы производился в программе, которая позволила рассчитать основные магнитные характеристики, а также магнитную силу, воздействующую на шар. Для осуществления сравнительного расчета были построены схемы взаимодействия магнита и шара в зависимости от величины радиального зазора δ кольцевой камеры СМДР.

На рис. 1 схематично показан источник магнитного поля – постоянный цилиндрический магнит (Nd-Fe-B) и деформирующий шар, находящийся в воздушной среде. Исходя из картины магнитного поля, представленного на рис. 1, можно отметить, что сила F в точке взаимодействия шара с заготовкой находится в пределах от 75,034 до 71,374 Н и убывает по мере роста радиального зазора между инструментом и заготовкой.

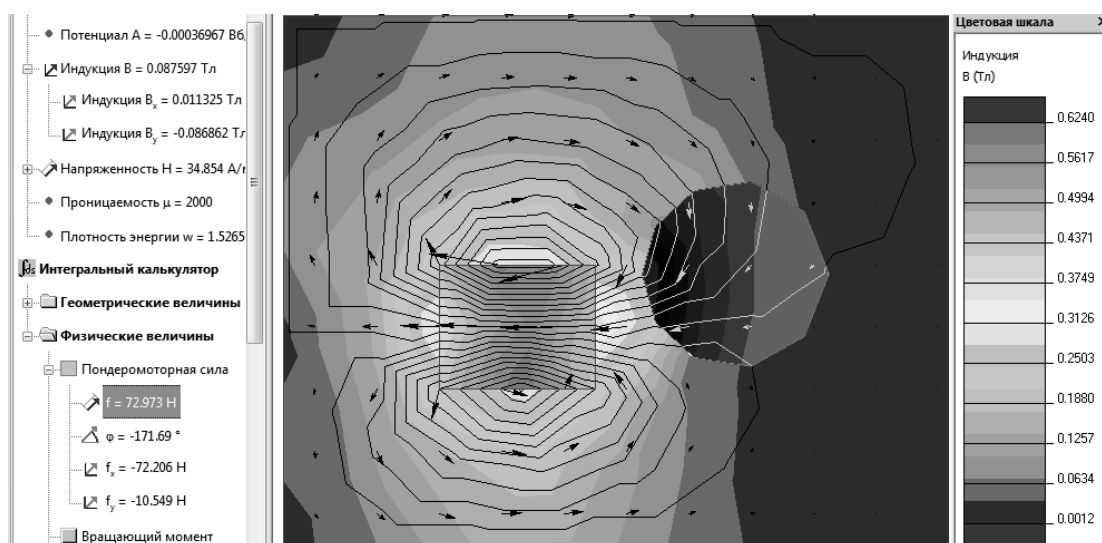


Рис. 1. Распределение магнитного потока в кольцевой камере инструмента

Зависимость магнитной силы F от величины зазора δ , представленная графиком, изображенным на рис. 2, позволяет выбирать оптимальный зазор δ в зависимости от прочих условий способа обработки совмещенным магнитно-динамическим раскатником, таких как обрабатываемый материал, его твердость, $V_{\text{кмдр}}$, $S_{\text{кмдр}}$.

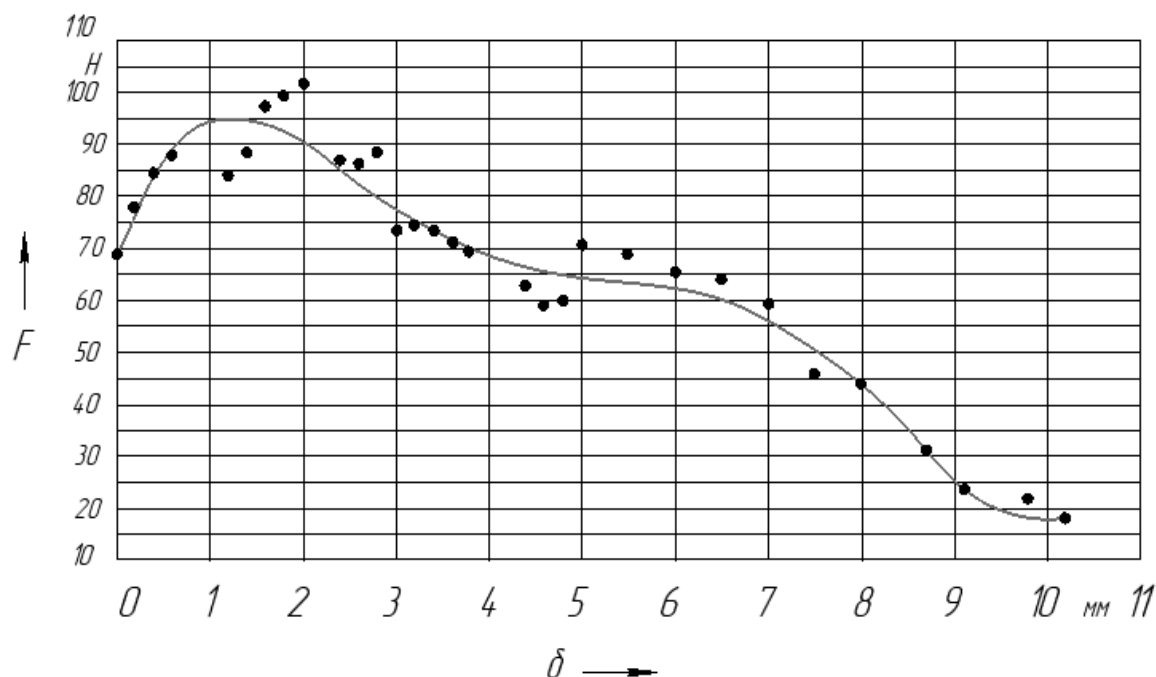


Рис. 2. График зависимости магнитной силы от величины зазора δ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструмент для отделочно-упрочняющей обработки: пат. РБ 10188 / А. М. Довгалева, Д. М. Свирепа, Д. М. Рыжанков. – Оpubл. 28.02.2007.
2. Инструмент для отделочно-упрочняющей обработки: пат. РБ 11536 / А. М. Довгалева, Д. М. Рыжанков, Д. М. Свирепа. – Оpubл. 28.02.2009.
3. Довгалева, А. М. Математическое моделирование процесса магнитно-динамического раскатывания / А. М. Довгалева, И. И. Маковецкий, Д. М. Свирепа // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. – 2010. – № 4. – С. 26–30.
4. Довгалева, А. М. Взаимодействие деформирующего шара с источником магнитного поля динамического раскатника / А. М. Довгалева, В. В. Глушенко, Д. М. Свирепа // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 19–20 апр. 2012 г.: в 2 ч. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2012. – Ч. 1. – С. 33–34.

УДК 621.926.47

ДЕЗИНТЕГРАТОР С ЭФФЕКТИВНЫМ МЕЖДУРЯДНЫМ ПРОСТРАНСТВОМ

И. А. СЕМИКОПЕНКО, Д. В. СМЕРНОВ, И. А. СКИТОВ

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

Дезинтеграторы применяют в настоящее время в качестве оборудования для приготовления минеральных добавок в асфальтобетонные смеси [1, 2].

В данной статье предлагается описание конструкции дезинтегратора, обеспечивающей повышение эффективности процесса измельчения и производительности по готовому продукту (рис. 1).

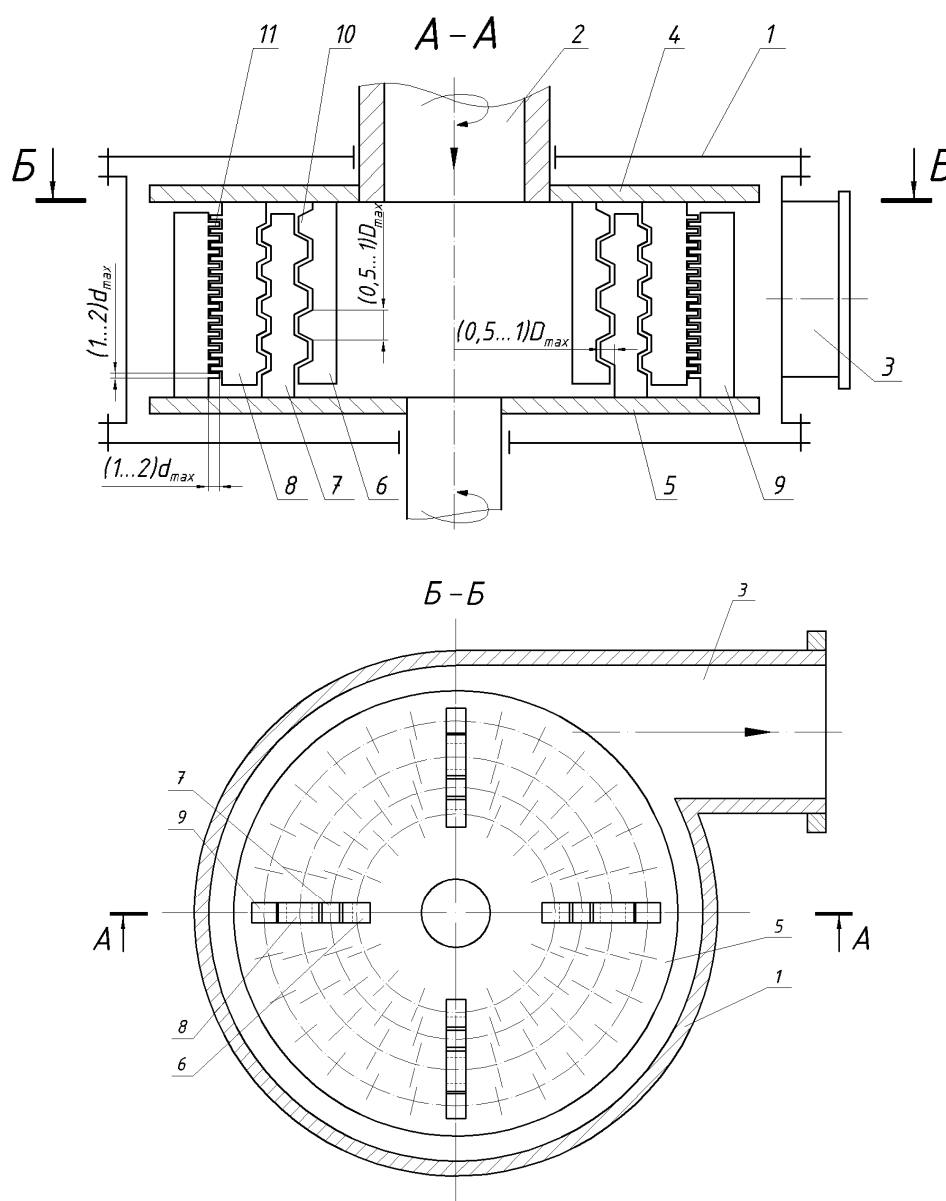


Рис. 1. Дезинтегратор с эффективным междурядным пространством

Дезинтегратор содержит цилиндрический корпус 1 с осевым загрузочным устройством 2 и тангенциальным разгрузочным устройством 3. В цилиндрическом корпусе 1 расположены с возможностью встречного вращения диски 4 и 5 с жестко закрепленными на них рядами ударных элементов 6 и 7. В зазорах между внутренними рядами ударных элементов их поверхность имеет профиль, образованный расположенными последовательно друг за другом трапецеидальными зубьями 8. В зазоре между периферийными рядами ударных элементов их поверхность имеет гребенчатый профиль 9. Впадины зубьев 8 одного ряда ударных элементов соответствуют выступам зубьев 8 другого ряда с соблюдением технологического зазора. Высота и ширина основания зубьев равномерно уменьшаются от внутреннего ряда ударных элементов к внешнему от $(0,5...1)D_{\max}$ до $(1...2)d_{\max}$, где $D_{\max}$ – максимальный размер частиц исходного материала; $d_{\max}$ – максимальный размер частиц готового продукта.

Дезинтегратор работает следующим образом. Измельчаемый материал, например, известняк, влажностью до 2 %, подается в центральную часть корпуса на первый внутренний ряд ударных элементов 6.

Пройдя первый внутренний ряд ударных элементов 6, материал попадает в зазор, образованный внутренними рядами ударных элементов 6 с профилем, образованным трапецеидальными зубьями 8. Частицы воспринимают ударные, а также раздавливающие нагрузки. При переходе частиц на последующие ряды ударных элементов размеры зубьев 8 уменьшаются в связи с уменьшением размеров частиц. Частицы, прошедшие внутренние ряды ударных элементов, направляются к периферийным рядам, где осуществляется окончательный помол материала за счет истирания частиц между зубьями 9 гребенок. Готовый продукт вылетает из корпуса 1 дезинтегратора через тангенциальное разгрузочное устройство 3.

Применение дезинтегратора с профилированной поверхностью ударных элементов позволяет значительно повысить эффективность процесса измельчения за счет увеличения зоны взаимодействия частиц со встречно вращающимися рядами.

Все это значительно повышает эффективность процесса измельчения и производительность по готовому продукту.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Хинт, И. А.** Основы производства силикальцитных изделий / И. А. Хинт. – Москва; Ленинград: Госстройиздат, 1962. – 636 с.
2. **Ходаков, Г. С.** Тонкое измельчение строительных материалов / Г. С. Ходаков. – Москва: Стройиздат, 1972. – 240 с.

УДК 621.9.012.3

К ВОПРОСУ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ КОНЦЕВОЙ ФРЕЗЫ ПРИ ВВОДЕ ЕЕ В ЗОНУ ОБРАБОТКИ

А. М. ФЕДОРЕНКО, В. В. ЛАДЕЕВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Одним из существенных факторов, влияющим на срок службы режущего инструмента, является обеспечение плавности ввода его на обработку. Типовым решением, обеспечивающим плавность ввода концевой фрезы в обработку, является ввод ее по траектории, представляющей собой дугу окружности. Задачей настоящих исследований являлось установление рационального радиуса дуги окружности, обеспечивающего плавность роста сил резания при максимальной производительности обработки.

Для решения поставленной задачи необходимо установить значение мгновенного припуска как функцию пути обработки. В таком случае формула мгновенного припуска:

$$t_i = t - s_i, \quad (1)$$

где t – припуск на обработку; s_i – мгновенная доля остаточного материала,

$$s_i = R - \sqrt{R^2 - x^2}; \quad (2)$$

R – радиус траектории ввода фрезы в зону обработки; x – расстояние от точки соприкосновения фрезы с заготовкой до входа инструмента на заданную глубину резания.

Полученные зависимости были положены в основу программного модуля, реализованного в Excel пакета MS Office.

С использованием полученного программного модуля было выполнено моделирование изменения сил резания для следующих условий: радиус входа фрезы на обработку – 42,5...55 мм; диаметр концевой фрезы – 20 мм; число зубьев – 4; материал режущей части – P6M5; глубина резания – 20 мм; материал заготовки – 40XH. Расчетная скорость резания и подача составили 53,49 м/мин и 0,5 мм/зуб.

Результатом исследований явился график, отражающий зависимость силы резания, крутящего момента, мощности резания от пути обработки концевой фрезы.

УДК 621.9.012.3

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ КОНЦЕВЫМИ ФРЕЗАМИ ВНУТРЕННИХ УГЛОВ КОНТУРА НА СТАНКАХ С ЧПУ

А. М. ФЕДОРЕНКО

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

При фрезеровании контуров концевыми фрезами особую опасность представляет обработка внутренних углов. Связано это с тем, что в момент вхождения фрезы в зону угла происходит существенное увеличение величины фактически срезаемого припуска.

В настоящих исследованиях ставилась задача оценить степень фактического роста припуска, снимаемого инструментом при обработке внутренних углов.

С целью достижения поставленной задачи была разработана геометрическая схема обработки, которая позволила установить математическую зависимость и рассчитать фактический максимальный срезаемый припуск, а также рассчитать мгновенный срезаемый припуск при движении фрезы по линейной траектории входа в обрабатываемый угол.

Полученные зависимости были положены в основу программы для ПЭВМ в среде MS Excel с использованием языка программирования VBA. Программа выполняет расчет режимов резания, а также фактического значения припуска для произвольных геометрических элементов.

Исследования проводились для следующих условий: материал заготовки – сталь 40Х; режущий инструмент – фреза концевая диаметром 28 мм, длина режущей части – 45 мм, число зубьев – 7, материал режущей части – Р6М5. Геометрические характеристики заготовки: радиус скругления внутреннего угла – 18...120 мм; снимаемый припуск – 1...8 мм.

В результате установлено, что при обработке внутренних углов возможно увеличение фактического снимаемого припуска (по сравнению с расчетным значением) при входе во внутренний угол до 300 %. Все это приводит к росту фактических сил, мощности резания, крутящего момента.

Существует рекомендация о необходимости снижения подачи до 30 % от расчетной на расстоянии радиуса фрезы от угла, что приводит к снижению производительности обработки. С использованием программного пакета установлено, что действительно рост величины припуска начинается на расстоянии радиуса фрезы от угла, однако полученная зависимость роста не линейна. Соответственно, допустив незначительный прирост припуска в 5 % (в рамках допуска на заготовку), в большинстве случаев можно существенно сократить расстояние участка снижения подачи (в среднем около половины радиуса фрезы) и повысить производительность обработки.

УДК 621.97

РАСШИРЕНИЕ РЕЖУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ЛЕЗВИЙНОГО ИНСТРУМЕНТА

Д. Г. ШАТУРОВ, Е. Н. АНТОНОВА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

При сравнительно небольших скоростях резания 25...55 м/мин твердосплавный лезвийный инструмент подвержен абразивно-адгезионному виду изнашивания. При этих скоростях резания на передней поверхности лезвийного инструмента образуется застойная зона из материала обрабатываемой заготовки – нарост, состоящий из подошвы, т. е. нижней части, и шапки – верхней части нароста.

В процессе резания при температуре 300 °С подошва плотно сцепляется, она как бы приваривается к передней поверхности резца, защищая ее от контакта со сходящей стружкой и обеспечивая тем самым повышение стойкости инструмента. Вершина резца – шапка, наоборот, часто срывается с частотой, равной частоте вращения заготовки, и вновь восстанавливается. Как вершина резца, так и подошва защищают переднюю поверхность инструмента от износа, а при вышеприведенных скоростях резания – и заднюю поверхность резца, ввиду свешивания нароста за линию режущего лезвия, предотвращая ее контакт с поверхностью резания.

Создание условий смягчения и облегчения высоты нароста с гарантированным его присутствием на передней поверхности инструмента в виде тонкой подстилки, параллельной передней поверхности, технологически и конструктивными методами является актуальной задачей металлообработки в технологии машиностроения.

С повышением скорости резания более 55 м/мин и ростом температуры более 300 °С абразивно-адгезионный износ интенсифицируется. Он протекает с циклическим схватыванием и отрывом разупрочненных частиц карбидов твердого сплава с перемещением частиц твердого нароста за лезвие на заднюю поверхность инструмента, подвергая ее интенсивному изнашиванию царапанием.

Эта фаза износа может и не наступить, если принять технологические меры. Барьером может служить инструмент с микрорельефом, образованным на передней поверхности резца, который увеличит сцепление подошвы нароста с передней поверхностью, защищая ее от износа, и одновременно уменьшая температуру в зоне контакта «резец – заготовка».

УДК 621.923.4
РЕНТГЕНОДИФРАКЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ
ПОСЛЕ ПНЕВМОВИБРОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Н. М. ЮШКЕВИЧ, Е. В. ИЛЬЮШИНА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Рентгенодифракционный анализ опытных образцов из серого чугуна СЧ 20, подвергшихся разным вариантам обработки, проводился на дифрактометре ДРОН-2.0, принцип действия которого основан на дифракции рентгеновских лучей от атомных плоскостей кристаллической решетки исследуемого вещества. Съемка рентгенограмм проводилась в монохроматизированном CoK_α -излучении с использованием режима сканирования с шагом $0,1^\circ$ и временем набора импульса на точку 40 с, при ускоряющем напряжении 30 кВ и анодном токе 10 мА (рис. 1).

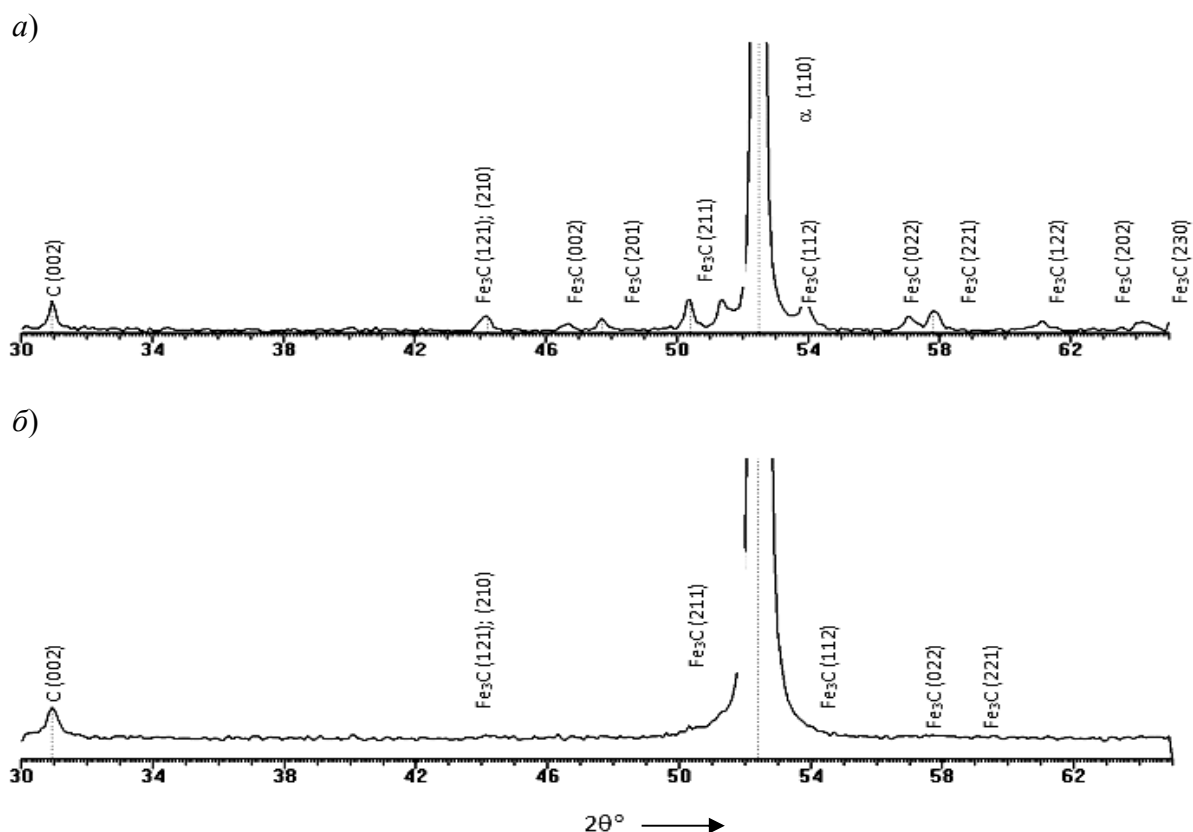


Рис. 1. Дифрактограмма поверхностных слоев образцов из серого чугуна, обработанных: а – шлифованием с последующим электрополированием; б – тонким фрезерованием

В структуре серого чугуна до упрочняющей обработки содержатся альфа-железо, цементит и графит. Плотность дефектов, рассредоточенных

в кристаллической решетке, довольно низкая, что подтверждается дифрактограммой (см. рис. 1), где $\beta_{110} = 1,2 \cdot 10^{-3}$ рад, $\beta_{220} = 2,7 \cdot 10^{-3}$ рад.

После проведения операции упрочняющей пневмовибродинамической обработки (ПВДО) плотность дислокаций в поверхностных слоях опытных образцов выросла. Так, для чугунного образца, обработанного шлифованием и ПВДО, отношение $\beta_{220}/\beta_{110} = 2,89$, в то время как для фрезерованного образца с ПВДО оно равно 2,58 (рис. 2). На изображении также видно, как интенсивность дифракционных линий карбида железа уменьшается, а их ширина увеличивается. Это объясняется измельчением частиц цементита во время обработки. Остаточный аустенит, наличие которого также наблюдается в поверхностном слое, свидетельствует о перегреве последнего и, соответственно, о его перезакалке.

Упрочняющая пневмовибродинамическая обработка предварительно профрезерованных образцов формирует на обработанной поверхности луночный рельеф и характеризуется уплотнением дефектов в кристаллической решетке, в то время как после шлифования наблюдается уменьшение ее искаженности.

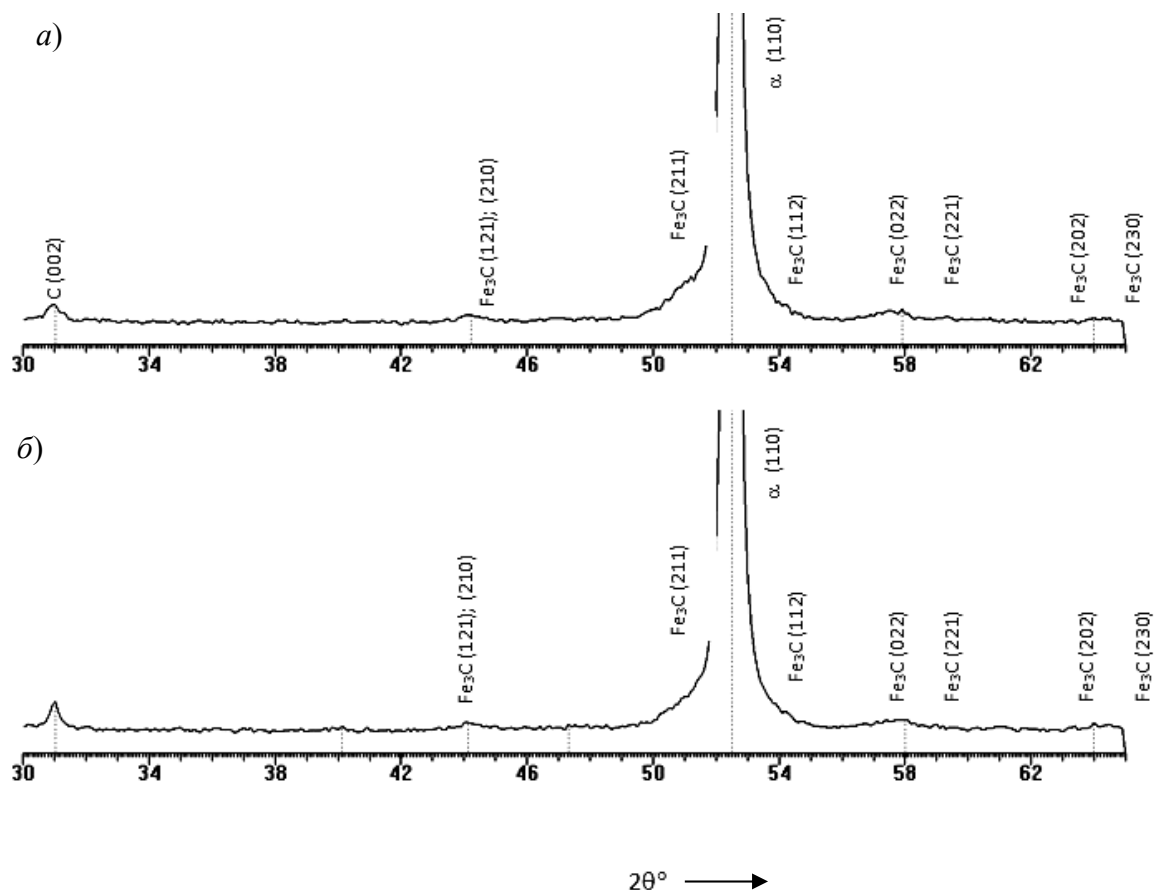


Рис. 2. Дифрактограмма поверхностных слоев образцов из серого чугуна, после ПВДО, предварительно обработанных: а – шлифованием; б – тонким фрезерованием

УДК 621.9
УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ОЧИСТКИ ЗАПЫЛЕННОГО ВОЗДУХА
В ВИХРЕВЫХ АППАРАТАХ

А. В. АКУЛИЧ, В. М. ЛУСТЕНКОВ
Могилевский государственный университет продовольствия

В. М. АКУЛИЧ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Актуальность исследований по очистке запыленного воздуха при переработке сыпучих материалов обусловлена необходимостью разработки экологически и экономически востребованных технологий промышленного производства.

При механической переработке различного сырья в виде сыпучих мелкодисперсных материалов возникает проблема (комбинированная задача) не только очистить запыленный воздух, но и максимально эффективно уловить и собрать взвешенные в воздушном потоке частицы материала с целью повторного его использования. При этом важно, чтобы применяемый метод очистки обеспечивал неизменность исходных свойств материала.

Разработана конструкция вихревого пылеуловителя с цилиндрическим корпусом, в котором в одном энергетическом поле осуществляется центробежное отделение взвешенных частиц в системе двух взаимодействующих потоков, которые закручиваются в одном направлении и движутся навстречу друг другу. Выделенный из воздушного потока материал собирается в бункере (нижней части аппарата) и дальше направляется по заданному технологическому процессу. Для визуализации процессов, протекающих в сепарационной зоне при движении и взаимодействии двух закрученных запыленных потоков, часть цилиндрического корпуса диаметром 0,14 м выполнена прозрачной из стекла.

Одним из путей управления гидродинамикой взаимодействующих закрученных потоков, а следовательно, процессом очистки запыленного воздуха является наличие в аппарате двух входных патрубков (периферийного и центрального), с помощью которых можно регулировать кратность расхода подаваемого газа. Изменение кратности расхода газа при исследованиях осуществляется в интервале от 0 до 1.

Проведены экспериментальные исследования по гидродинамике вихревого пылеуловителя. Получены зависимости потерь давления вихревого пылеуловителя от общего объемного расхода запыленного газа и кратности расхода. Эксперименты проведены на порошкообразных материалах производства хлебопродуктов.

Разработанная модель вихревого пылеуловителя с возможностью визуализации протекающих процессов позволяет управлять эффективностью улавливания мелкодисперсных материалов в зависимости от их свойств.

УДК 621.9
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУППОВОГО
ПРЯМОТОЧНОГО ВИХРЕВОГО ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЯ

А. В. АКУЛИЧ, В. М. ЛУСТЕНКОВ, А. А. АКУЛИЧ
Могилевский государственный университет продовольствия
Могилев, Беларусь

При проведении экспериментальных исследований важной задачей является построение математической модели процесса в разработанном аппарате для анализа и определения оптимальных условий его протекания. При этом проводится планирование эксперимента, целью которого является нахождение таких условий проведения опытов, при которых удастся получить надежную и достоверную информацию о процессе с наименьшими затратами труда, а также представить полученные результаты в компактной и удобной форме с количественной оценкой точности.

Проведены комплексные исследования гидродинамики лабораторного образца разработанного группового прямооточного вихревого пылеуловителя на основе математического планирования эксперимента по плану Вох-Вейнкена 2^3 для трех факторов варьирования на трех уровнях, состоящему из пятнадцати опытов. Исследованы технические характеристики: гидравлическое сопротивление ΔP и эффективность улавливания мелкодисперсных частиц η соляной пыли в пылеуловителе от кратности расходов k , отношения диаметра центральных завихрителей к диаметру корпусов прямооточных вихревых пылеуловителей d/D и отношения высоты установки центральных завихрителей к высоте корпусов прямооточных вихревых пылеуловителей h/H . Результаты исследований обработаны с помощью пакета прикладных программ для математического и статистического анализа данных *STATGRAPHICSPlus*.

Впервые получены зависимости для определения и прогнозирования технических характеристик группового прямооточного вихревого пылеуловителя:

$$\begin{aligned}\Delta P &= 496,2 + 204,4 \cdot k - 54,45 \cdot (d/D) + 86,29 \cdot k^2 - \\ &\quad - 172,8 \cdot k \cdot (h/H) + 137,4 \cdot (h/H)^2 ; \\ \eta &= 76,17 + 32,19 \cdot k + 8,77 \cdot (d/D) - 18,03 \cdot k^2 - \\ &\quad - 9,10 \cdot (d/D)^2 + 8,72 \cdot (d/D) \cdot (h/H).\end{aligned}$$

Установлены интервалы изменения режимных и конструктивных параметров $k = 0,4 \dots 0,65$, $d/D = 0,32 \dots 0,46$ и $h/H = 0,25 \dots 0,44$, при которых обеспечивается наименьшее гидравлическое сопротивление лабораторного образца разработанного группового прямооточного вихревого пылеуловителя $\Delta P = 269,3 \dots 600$ Па.

О. В. БЛАГОДАРНАЯ, О. А. ПОНОМАРЕВА

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Задачей кинематического исследования рычажного механизма является определение параметров движения его звеньев (угловых и линейных координат, скоростей и ускорений точек звеньев) при заданном движении входного звена и известных размерах звеньев механизма. Для кинематического исследования кривошипно-ползунного механизма может быть применен метод, основанный на использовании уравнений преобразования координат.

Для кривошипно-ползунного механизма (рис. 1) имеет место система уравнений

$$\begin{cases} x_A = x_B + l_2 a_{11}; \\ l = a_{11}^2 + a_{21}^2, \end{cases} \quad (1)$$

где $a_{11} = \cos \varphi_2$; $a_{21} = \sin \varphi_2$.

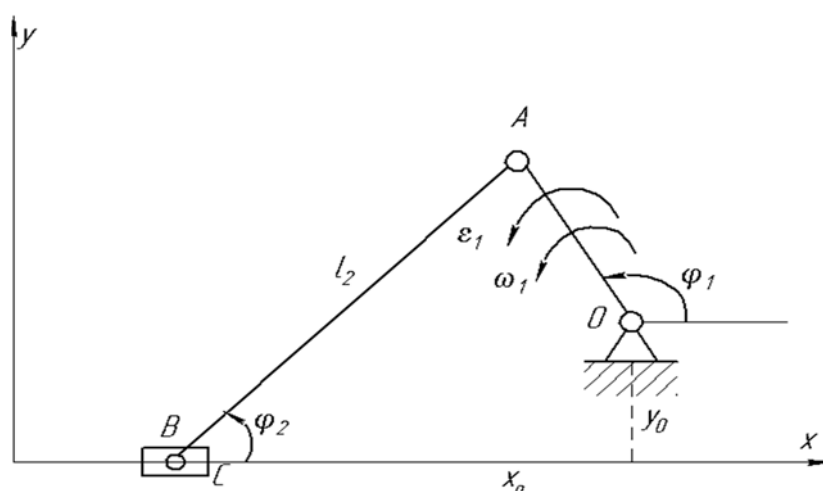


Рис. 1. Кривошипно-ползунный механизм

После дифференцирования уравнений (1) получим систему линейных уравнений, которая в матричной записи имеет вид $V_x = MV_y$ или

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_A \\ \dot{y}_A \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_2 & 0 & 1 \\ 0 & l_2 & 0 \\ a_{11} & a_{21} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{a}_{11} \\ \dot{a}_{21} \\ x_B \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Решение данной системы можно найти по формуле

$$V_y = M^{-1} V_x,$$

где M^{-1} – обратная матрица,

$$M^{-1} = \begin{bmatrix} 0 & a_{21} & -l_2 \\ 0 & -a_{11} & 0 \\ -l_2 & a_{11} & l_2^2 \end{bmatrix} / \det; \quad (3)$$

$\det$ – детерминант (определитель) матрицы, $\det = l_2 a_{11}$.

Элементами обратной матрицы служат алгебраические дополнения элементов исходной матрицы. Они определяются по известным правилам нахождения алгебраического дополнения.

Угловую скорость шатуна можно найти по формуле

$$\omega_2 = -\dot{a}_{11} / a_{21}. \quad (4)$$

Линейную скорость ползуна (т. B) находим по формуле

$$\dot{x}_B = -\dot{x}_A / a_{11} + \dot{y}_A / l_2. \quad (5)$$

После повторного дифференцирования исходной системы (1) получим систему линейных уравнений, которую можно представить в матричной форме $A_x = M A_y$ или

$$\begin{bmatrix} \ddot{x}_A \\ \ddot{y}_A \\ -(\dot{a}_{11}^2 + \dot{a}_{21}^2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_2 & 0 & 1 \\ 0 & l_2 & 0 \\ a_{11} & a_{21} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{a}_{11} \\ \ddot{a}_{21} \\ \ddot{x}_B \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Решение системы (6) представляется в виде $A_y = M^{-1} A_x$.

Угловое ускорение шатуна находим по формуле

$$\varepsilon_2 = -\ddot{a}_{11} / a_{21} + \dot{a}_{11} \dot{a}_{21} / a_{21}^2. \quad (7)$$

Линейное ускорение ползуна (т. B) находим по формуле

$$\ddot{x}_B = (-a_{11} \ddot{x}_A + \dot{x}_A \dot{a}_{11}) / a_{11}^2 + \ddot{y}_A / l_2. \quad (8)$$

Таким образом, кинематическое исследование методом преобразования координат сводится к набору конечных формул, выражающих параметры движения звеньев механизма через параметры движения обобщенных координат.

УДК 621.837.2
СНИЖЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ВЫХОДНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ЭКСЦЕНТРИКОВЫХ ПЕРЕДАЧ К ПОГРЕШНОСТЯМ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ, СБОРКИ И УПРУГИМ ПЕРЕМЕЩЕНИЯМ ЗВЕНЬЕВ
ПРИ РАБОТЕ ИХ ПОД НАГРУЗКОЙ

П. Н. ГРОМЫКО, С. Н. ХАТЕТОВСКИЙ,
В. Л. ЮРКОВА, А. А. КОВАЛЬКОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Передачи эксцентрикового типа привлекают внимание своей малогабаритностью, компактностью, возможностью редуцировать вращение с большими значениями передаточных отношений на одной ступени. Основной проблемой их широкого внедрения в приводы различных машин и механизмов является их относительно высокая себестоимость изготовления. Наладить их серийное производство в Республике Беларусь, ввиду технической сложности объекта без использования специального оборудования, материалов, сборочных технологий, является нерешенной к настоящему времени задачей. Для решения этой задачи требуются неординарные подходы, один из которых рассматривается в данной работе.

В [1] предложено с целью обеспечения необходимого уровня служебных свойств эксцентриковых передач, т. е. соответствия значений их выходных показателей требованиям, заложенным в техническом задании, конструктивными способами снизить чувствительность выходных показателей эксцентриковых передач к погрешностям изготовления, сборки и упругим перемещениям звеньев при работе их под нагрузкой. Снижение требований к точности изготовления, сборки и жесткости звеньев позволит удешевить конструкцию редуцирующего механизма, разрабатываемого на основе эксцентриковой передачи.

К конструктивным способам следует отнести использование при разработке редуцирующих механизмов на основе передач эксцентрикового типа таких структурных вариантов, а также специальных профилей контактирующих зубьев, обеспечивающих свойство нечувствительности.

Разработаны методики, созданные на основе методов компьютерного моделирования, позволяющие путем сравнительного анализа дать оценку того или иного варианта эксцентриковой передачи по критерию чувствительности погрешностей изготовления, сборки и упругих перемещений звеньев на его выходные показатели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Gromyko, P. N.** Modeling of eccentric transmission operation in presence of elastic deformations of contacting links / P. N. Gromyko, S. N. Khatetovsky // Proceedings of the International Conference «Aviamechanical Engineering and Transport» (AviaENT 2018). – Vol. 158. – P. 160–164.

УДК 621.83

МОТОР-РЕДУКТОР ДЛЯ ТИХОХОДНЫХ ПРИВОДОВ НА ОСНОВЕ ПРЕЦЕССИОННОЙ ПЕРЕДАЧИ ТИПА 2К-Н

П. Н. ГРОМЫКО, Е. Г. КРИВОНОГОВА,
И. В. ТРУСОВ, В. В. БРАТЕНКОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Потребность в приводах с тихоходным вращением выходного вала для конструкций различных машин и механизмов довольно велика. Как правило, для создания привода при частоте вращения его выходного вала менее 15 об/мин используют последовательное соединение двух и более видов механических передач. При такой компоновке привода его массогабаритные и стоимостные показатели заметно ухудшаются. Решить проблему снижения указанных выше показателей привода позволит применение в его конструкции схемы «мотор-редуктор», которая разработана на основе прецессионной передачи типа 2К-Н.

Работает мотор-редуктор, общий вид которого показан на рис. 1, следующим образом. Вращение вала электродвигателя с размещенным на нем эксцентриком 3 посредством сферических подшипников 6 и 7 преобразуется в сферическое движение сателлита 5. Один из наружных зубчатых венцов сателлита 5 взаимодействует с внутренним зубчатым венцом корпуса 7, благодаря чему сателлит 5 получает вращение вокруг своей оси. Второй наружный зубчатый венец сателлита взаимодействует с внутренним зубчатым венцом выходного вала 8, который получает вращение с числом оборотов, зависящим от числа зубьев, указанных выше внутренних и наружных венцов.

Одной из особенностей данной конструкции мотор-редуктора является то, что на валу имеется всего один эксцентрик и один сателлит. Это снижает нагрузочную способность передачи в связи с уменьшением числа потоков мощности, и в то же время значительно упрощает ее конструкцию. Другая особенность заключается в использовании двух сферических подшипников 6, что позволяет снизить чувствительность выходных показателей мотор-редуктора к упругим перемещениям звеньев при работе его под нагрузкой. Это является важным фактором, влияющим на работоспособность конструкции. Так как при длительной эксплуатации под постоянной нагрузкой упругие деформации не исчезают сразу после снятия нагрузки, как предусматривает закон Гука, а продолжают возрастать еще некоторое время и исчезают постепенно.

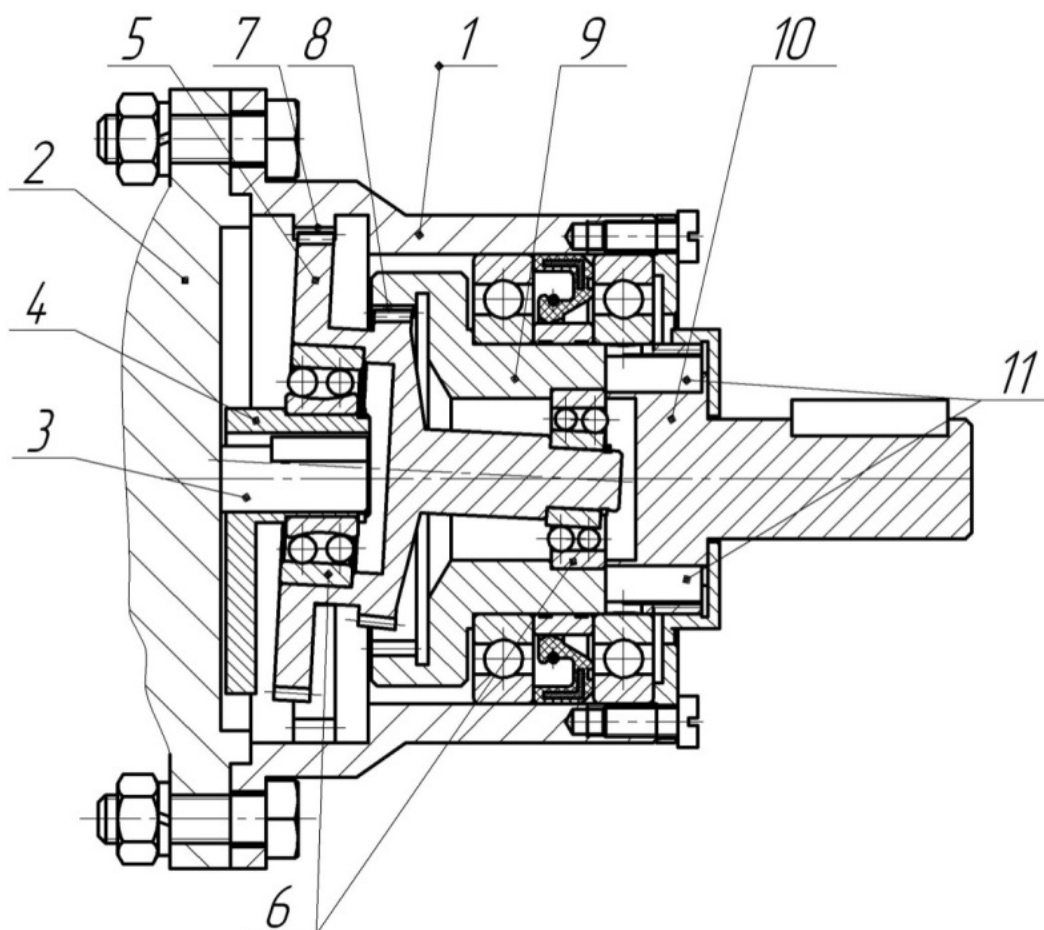


Рис. 1. Общий вид мотор-редуктора, разработанного на основе прецессионной передачи типа 2К-Н: 1 – корпус; 2 – фланец электродвигателя; 3 – выходной вал электродвигателя; 4 – эксцентриковая втулка с противовесом; 5 – сателлит; 6 – сферические подшипники; 7, 8 – зубчатый венец; 9 – промежуточный вал; 10 – выходной вал; 11 – призматические шпонки

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Старовойтов, Э. И.** Сопротивление материалов: учебник для вузов / Э. И. Старовойтов. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 384 с.

УДК 621.833.68

РЕАЛИЗАЦИЯ РАЗДЕЛЕНИЯ СИЛОВЫХ ПОТОКОВ В ПЛАНЕТАРНОЙ ПЛАВНОРЕГУЛИРУЕМОЙ ПЕРЕДАЧЕ

А. М. ДАНЬКОВ, Ю. В. ГОНЧАРОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Если в передачах общемашиностроительного назначения многопоточность отмечается как достоинство, позволяющее улучшать эксплуатационные характеристики, то в планетарной плавнорегулируемой передаче разделение силовых потоков является неременным условием ее работоспособности наряду с обязательным наличием ряда вспомогательных механизмов. На практике приемлемым и наиболее просто реализуемым является выполнение передачи двухпоточной.

Вспомогательные механизмы выполняют такие важные функции, как регулирование передаточного отношения передачи путем изменения геометрических параметров ее элементов, передача вращения сателлитов выходному валу (возможно, с преобразованием параметров) и балансировка перемещающихся несбалансированных масс. Изменение геометрии элементов зубчатой передачи влечет за собой необходимость включения в ее конструкцию специфического механизма, обеспечивающего безаварийные радиальные перемещения как ведущего элемента передачи (сателлита), так и фрагментов ведомого (центрального зубчатого колеса) на ходу. Это, несомненно, усложняет конструкцию передачи за счет организации упругой связи между зубчатыми венцами различных силовых потоков сателлита. В передаче с соосными зубчатыми венцами сателлита (первая модификация передачи) приемлемое качество функционирования обеспечивается наличием всего комплекса упомянутых конструктивных элементов, а, как известно, конструктивная сложность приводит к снижению надежности. Таким образом, дальнейшее развитие передачи требует ее конструктивного упрощения, что предполагает реализацию выполняемых вспомогательными механизмами функций другими, более совершенными методами. Благодаря применению известного принципа инверсии, заключающегося в изменении направленности и характера рабочих процессов технического устройства, зубчатые венцы сателлита можно установить оппозитно и зафиксировать от вращения относительно собственной оси (вторая модификация передачи), что невозможно реализовать в первой модификации передачи в силу ее конструктивных особенностей. В этом случае ведомым элементом передачи становится центральное зубчатое колесо, в любой из модификаций соосное выходному валу, при этом надобность в специальном механизме, обеспечивающем кинематическую связь ведомого элемента с выходным валом, отпадает. Это значительное упрощение конструкции передачи,

в целом, ведет к усложнению конструкции узла сателлита, что объясняется следующим.

Каждый оппозитный зубчатый венец представляет собой силовой поток, но организовать предотвращение аварийных ситуаций при регулировании передаточного отношения по образцу передачи первой модификации (упругий элемент связывает зубчатые венцы сателлита) не представляется возможным по конструктивным соображениям. Поэтому каждый из силовых потоков должен быть оснащен собственным упругим элементом. При этом зубчатые сектора центрального зубчатого колеса, в отличие от передачи первой модификации, могут быть выполнены однопоточными. Но поскольку фиксатор зубчатых венцов сателлита выполнен в виде муфты Ольдгейма или другого аналогичного устройства, то для повышения качества функционирования передачи целесообразно и сектора центрального зубчатого колеса выполнять двухпоточными с собственными упругими элементами. То есть данный вариант организации разделения силовых потоков в планетарной плавнорегулируемой передаче предполагает наличие трех независимых упругих элементов-компенсаторов (два из них – на зубчатых венцах сателлита – конструктивно идентичны).

Желательность выполнения секторов центрального зубчатого колеса двухпоточными является поводом пересмотреть концепцию конструкции второй модификации плавнорегулируемой передачи. В этом случае целесообразно выполнить упругоподвижным в окружном направлении не один, а каждый из зубчатых венцов сектора. Это техническое решение позволяет выполнять зубчатые венцы сателлита сплошными. При этом номенклатура упругих элементов сокращается до одной разновидности, но их общее количество возрастает до удвоенного количества секторов центрального зубчатого колеса. Эффективность каждого технического решения по конструкции планетарной плавнорегулируемой передачи с точки зрения кинематики передачи может быть наиболее просто оценена с помощью компьютерного моделирования, а экономическая эффективность – с помощью структурно-функционального анализа.

Здесь следует упомянуть еще об одном существенном аспекте конструктивного упрощения планетарной плавнорегулируемой передачи, суть которого состоит в следующем. При регулировании передаточного отношения жесткая кинематическая связь между перемещениями ведущего и ведомого элементов передачи, что является неперенным условием ее существования, осуществляется в результате параллельных управляющих воздействий со стороны специального сложного механизма. Управляющее воздействие можно, конструктивно упрощая механизм управления, сообщать только одному элементу, обеспечив перемещения второго за счет силового замыкания между ними. Предварительными исследованиями установлено, что способы организации силового замыкания и разделения силовых потоков не влияют друг на друга.

УДК 62-8:531.3
СНИЖЕНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ ПРИВОДА КОЛЕБЛЮЩИХСЯ
РАБОЧИХ ОРГАНОВ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Д. А. ДУБОВИК, Н. П. ПЕРШУКЕВИЧ
Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси
Минск, Беларусь

А. С. ШАНТЫКО, А. Н. ВЫРСКИЙ
ОАО «Гомсельмаш»
Гомель, Беларусь

Развитие технологий в растениеводстве и связанное с этим увеличение урожайности зерновых культур [1] требуют повышение производительности уборочной техники [2]. Повышение производительности зерноуборочного комбайна сопровождается интенсификацией выполняемых им на борту в движении по полю процессов срезания колосьев, обмолота и очистки зерна [3]. Интенсификация указанных процессов приводит к увеличению нагрузки приводов рабочих органов и делает актуальными НИОКР по снижению нагрузок в приводах колеблющихся рабочих органов зерноуборочного комбайна.

Сотрудниками ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси» совместно со специалистами НТЦК ОАО «Гомсельмаш» предложены методы снижения нагрузки привода колеблющихся рабочих органов [4, 5], основанные на использовании в конструкции привода упругих элементов и противовесов (рис. 1). Целью настоящей работы является экспериментальная оценка правомерности разработанных теоретических положений.

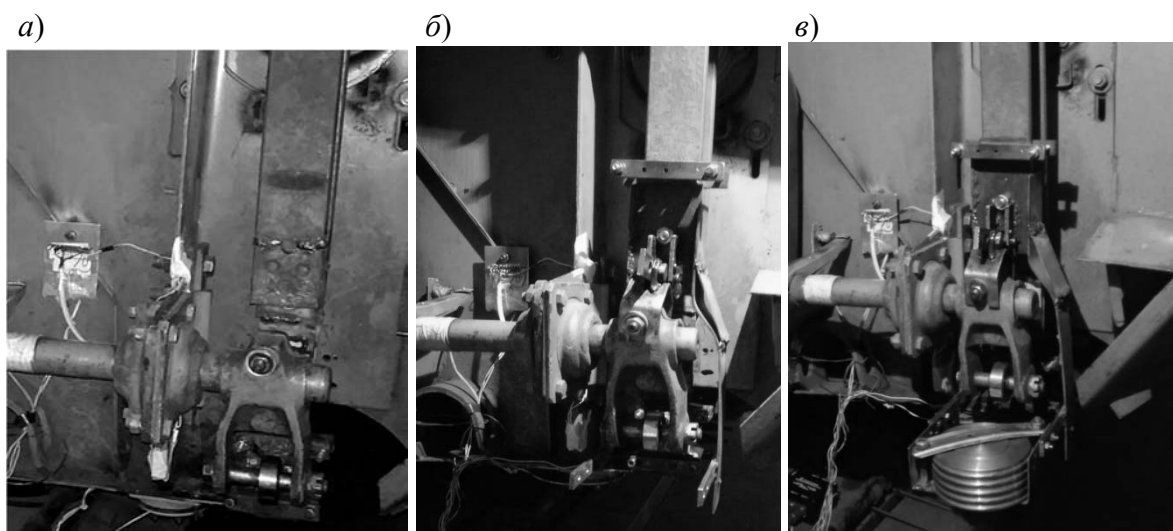


Рис. 1. Макетные образцы привода колеблющихся рабочих органов:
а – традиционный; б – рекуперативный; в – рекуперативный с противовесом

Для проведения экспериментальных исследований в ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси» разработан и изготовлен макетный образец рекуперативного привода колеблющихся рабочих органов (см. рис. 1), позволяющий моделировать работу привода одноножевого режущего аппарата в трех режимах: традиционном; рекуперативном; рекуперативном с противовесом.

Анализ экспериментальных данных (рис. 2) показал возможность снижения нагруженности привода более чем в 1,5 раза и подтвердил правомерность разработанных теоретических положений.

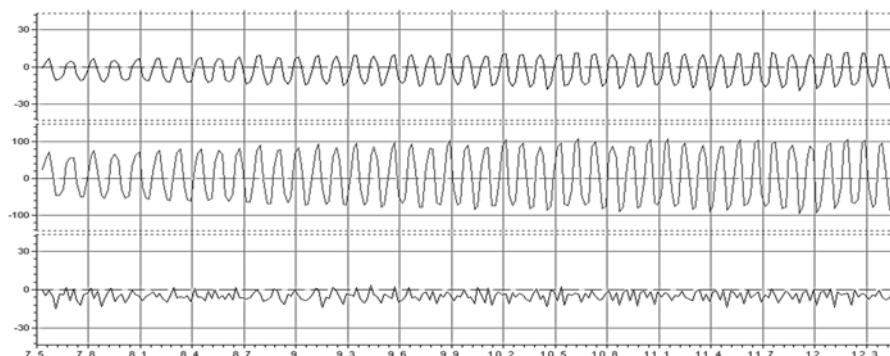


Рис. 2. Фрагмент осциллограмм тензодатчиков для традиционного конструктивного исполнения привода

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основные тенденции развития современного сельскохозяйственного тракторостроения / П. А. Амельченко [и др.] // Наука, образование и производство в XXI веке. Современные тенденции развития: материалы юбилейн. междунар. конф., Могилев, 3–4 нояб. 2016 г. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2016. – С. 157–158.

2. **Дубовик, Д. А.** Тенденции развития уборочной сельхозтехники / Д. А. Дубовик, Л. Ю. Бакалова, А. С. Шантыко // Новые материалы, оборудование и технологии в машиностроении: материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2018. – С. 39.

3. Современные тенденции сельхозтракторостроения / П. А. Амельченко [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2018. – Т. 63, № 1. – С. 76–92.

4. **Дубовик, Д. А.** Снижение вибрации рам машин с рекуперативными приводами колеблющихся рабочих органов / Д. А. Дубовик, Н. П. Першукевич, Н. Л. Ракова // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2017. – С. 67–68.

5. Способ снижения виброактивности и нагруженности привода одноножевого режущего аппарата / Д. А. Дубовик [и др.] // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2018. – С. 81–82.

УДК 62-8:531.3

ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ МЕХАНИЗМА ПРИВОДА
ОЧИСТКИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА
УВЕЛИЧЕНИЕМ РЕСУРСА САЙЛЕНТБЛОКОВ

Д. А. ДУБОВИК, С. С. ЧЕПЕЛЕВИЧ

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси
Минск, Беларусь

А. С. ШАНТЫКО, А. Н. ВЫРСКИЙ

ОАО «Гомсельмаш»
Гомель, Беларусь

Для повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции ведущие производители сельскохозяйственной техники большое внимание уделяют увеличению ее производительности [1]. Производительность самоходного зерноуборочного комбайна во многом определяется его пропускной способностью – важнейшим показателем, определяющим класс комбайна и эффективность его использования сельскохозяйственными организациями в зависимости от урожайности выращиваемых ими зерновых культур [2]. Пропускная способность определяет возможность установки широкозахватных жаток, скорость движения комбайна по полю и, соответственно, темпы уборки урожая в целом.

Пропускная способность зерноуборочного комбайна зависит от конструктивных параметров его агрегатов и систем, включая одну из основных систем комбайна – очистку. С развитием технологий в растениеводстве и увеличением урожайности зерновых культур производители сельскохозяйственной техники расширяют типоразмерные ряды своей продукции за счет разработки и освоения производства зерноуборочных комбайнов более высоких классов [3]. При этом увеличение пропускной способности очистки осуществляется, как правило, масштабированием ее параметров с учетом ограничений, накладываемых компоновочными решениями размещения рабочих органов. В результате возрастают нагрузки, возникающие в механизме привода очистки, и ухудшаются условия работы резинометаллических шарниров, так называемый сайлент-блоков, устанавливаемых в узлы связи отдельных элементов механизма. Участвовавшие выходы из строя сайлентблоков требуют проведения ремонтных работ в полевых условиях, снижают темпы уборочной кампании и надёжность зерноуборочных комбайнов.

Целью настоящей работы является поиск путей увеличения ресурса сайлентблоков для повышения надёжности механизма привода очистки зерноуборочного комбайна.

Надёжность механизма привода очистки зерноуборочного комбайна является комплексным свойством, которое зависит от долговечности его деталей и узлов. Долговечность характеризуется рядом показателей, среди

которых одним из основных является ресурс – наработка от начала эксплуатации до наступления предельного состояния. Анализ применения сайлентблоков в конструкции подвесок транспортных средств показал, что использование полиуретана вместо резиновых втулок позволяет увеличить наработку сайлентблоков в 5 раз. Основным недостатком полиуретана указана более высокая (более чем в 5 раз) стоимость по сравнению с резиновыми изделиями [3]. Поэтому одним из путей повышения ресурса является совершенствование конструкции самих сайлентблоков.

Второй путь повышения ресурса сайлентблоков следует связывать с улучшением условий их работы путем снижения нагрузок в шарнирах механизма привода очистки [4]. Снижение нагрузок в шарнирах возможно в результате проведения оптимизации массовых и геометрических параметров очистки, которая на примере зерноуборочного комбайна КЗС-1218 позволяет уменьшить размах колебаний главного вектора сил инерции, соответственно, по продольной и вертикальной осям в 1,6 и 1,13 раз. Снижению нагрузок в шарнирах также способствует применение в конструкции механизма привода очистки т.н. рекуператоров энергии [5, 6].

Очевидно, что наибольший эффект в увеличении ресурса сайлентблоков механизма привода очистки зерноуборочного комбайна достигается в сочетании указанных путей, т. е. совершенствованием конструкции самих сайлентблоков с одновременным улучшением условий их работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современные тенденции сельхозтракторостроения / П. А. Амельченко [и др.] // Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. физ.-техн. наук. – 2018. – Т. 63, № 1. – С. 76–92.
2. **Дубовик, Д. А.** Тенденции развития уборочной сельхозтехники / Д. А. Дубовик, Л. Ю. Бакалова, А. С. Шантыко // Новые материалы, оборудование и технологии в машиностроении: материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2018. – С. 39.
3. Что такое сайлентблок? Зачем его надо менять? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://amastercar.ru/articles/suspension_of_car_9.shtml. – Дата доступа: 17.02.2019.
4. **Дубовик, Д. А.** Снижение энергозатрат многоприводных колесных машин путем совершенствования механических приводов ведущих колес: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Д. А. Дубовик. – Могилев, 2012. – 44 с.
5. **Дубовик, Д. А.** Снижение вибрации рам машин с рекуперативными приводами колеблющихся рабочих органов / Д. А. Дубовик, Н. П. Першукевич, Н. Л. Ракова // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2017. – С. 67–68.
6. Способ снижения виброактивности и нагруженности привода одноножевого режущего аппарата / Д. А. Дубовик [и др.] // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2018. – С. 81–82.

УДК 621.83
АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ
ЗВЕНЬЕВ ПРЕЦЕССИОННОГО МОТОР-РЕДУКТОРА

Е. Г. КРИВОНОГОВА, В. В. БРАТЕНКОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Планетарный прецессионный мотор-редуктор, как и любая машина или механизм, состоит из различного рода деталей и сборочных единиц, работа которых зависит от многих факторов. А именно: условий эксплуатации, действующих нагрузок, наличия концентраторов напряжений и во многом от материалов, из которых они изготовлены. На поведение материалов влияют не только условия работы, но и их изначальные свойства и характеристики, которые не зависят от перечисленных выше факторов.

Известно, что в одних и тех же условиях различные материалы ведут себя по-разному, воспринимая лучше или хуже те или иные нагрузки. И от правильного выбора материала отдельных деталей зависит работоспособность всего механизма. Свойства и характеристики материалов зависят преимущественно от способа получения заготовки, методов обработки и, соответственно, как результат, от точности и качества изготовления деталей.

При рассмотрении условий эксплуатации большое значение имеют температурные показатели. Высокие температуры в рабочем пространстве редуктора вызывают релаксацию напряжений его деталей, которая характеризуется уменьшением напряжений с течением времени при постоянной деформации, что приводит к переходу части упругих деформаций в пластические. Следовательно, соединения, выполненные с натягом ослабевают. Кроме того, изменение температуры влияет на механические свойства материалов, а именно – повышение температуры ведет к уменьшению прочности материала и повышает его пластичность, и наоборот.

Поэтому очень важно при проектировании мотор-редукторов обеспечить достаточную смазку его элементов и предупредить нагрев. Представленная конструкция мотор-редуктора на основе планетарной прецессионной передачи типа 2К-Н, схема которой представлена на рис. 1, позволяет обеспечить рабочую температуру, при которой сохраняется нормальная работа всех его звеньев.

Как говорилось выше, существенное влияние оказывает метод получения заготовки. Известно, что одни и те же детали могут быть получены различными способами, которые будут отличаться не только по трудоёмкости, стоимости полученной заготовки, степени механизации процесса, но и по качеству получаемой единицы. Например, зубчатое колесо может быть получено как литьем, так и штамповкой. Причем

прочностные характеристики отливки будут заметно хуже из-за хаотичного расположения частиц и, соответственно, слабых межкристаллических связей, с большим количеством контактных зон, которые будут являться очагами разрушения. Штамповка, в свою очередь, имеет более упорядоченное строение кристаллической решетки, с меньшим количеством контактных зон.

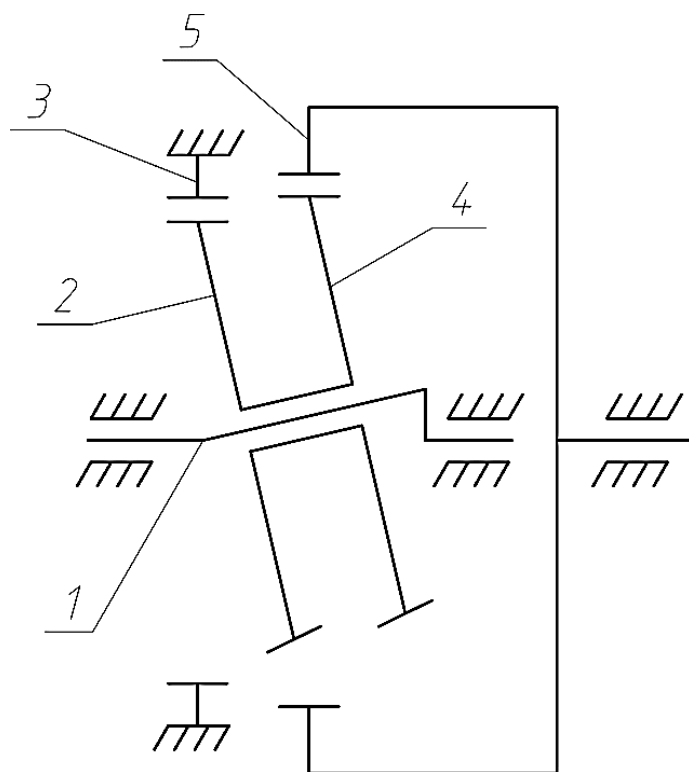


Рис. 1. Планетарная прецессионная передача типа 2К-Н: 1 – входной вал с наклонным эксцентриком; 2 – зубчатый венец сателлита, взаимодействующий с неподвижным центральным колесом; 3 – неподвижное центральное колесо; 4 – зубчатый венец сателлита, взаимодействующий с подвижным центральным колесом; 5 – подвижное центральное колесо

Поэтому во всем мире ведется активная работа по повышению прочностных характеристик путем комбинации различных методов получения заготовок, применения новых современных методов, а также включения различного рода присадок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по сопротивлению материалов / Е. Ф. Винокуров [и др.]. – Минск: Наука и техника, 1988. – 464 с.: ил.

УДК 621.548.5
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА
ДЛЯ ЭЛЕКТРОФИКАЦИИ ТРУДНОДОСТУПНЫХ РАЙОНОВ

Д. Я. ЛОСЕВ, И. Н. КОКОРИН
Тюменский индустриальный университет
Тюмень, Россия

Тюменская область занимает лидирующие позиции по нефтедобыче в стране.

Проблема электрификации снижает темп и качество добычи нефтяных ресурсов. Решением данной проблемы может являться установка электростанций ветряного типа (табл. 1).

Табл. 1. Сравнительный анализ типов ветрогенераторов

Параметры ветрогенератора	Вертикальная ось вращения	Горизонтальная ось вращения
Устойчивость	+	–
Требовательность к техническому обслуживанию	–	+
Необходимость ориентации на ветер	–	+
Запуск при малых порывах ветра	+	–
Устойчивость к низким температурам и их перепадам	+	–
Простота в обслуживании	+	–
Дешевизна постройки	+	–
Тени и отрицательный визуальный эффект	–	+
КПД	20...25 %	30...35 %

По результатам анализа было выявлено, что для реализации этой идеи больше подойдут ветрогенераторы с вертикальной осью вращения.

Рабочая схема вертикального ветрогенератора, оптимизированная под условия Крайнего Севера, представлена на рис. 1.

В перспективном будущем планируется дальнейшее усовершенствование данного типа ветрогенератора для условий крайнего севера.

Также планируются изготовление пробной модели уменьшенного масштаба и проведение тестовых испытаний.

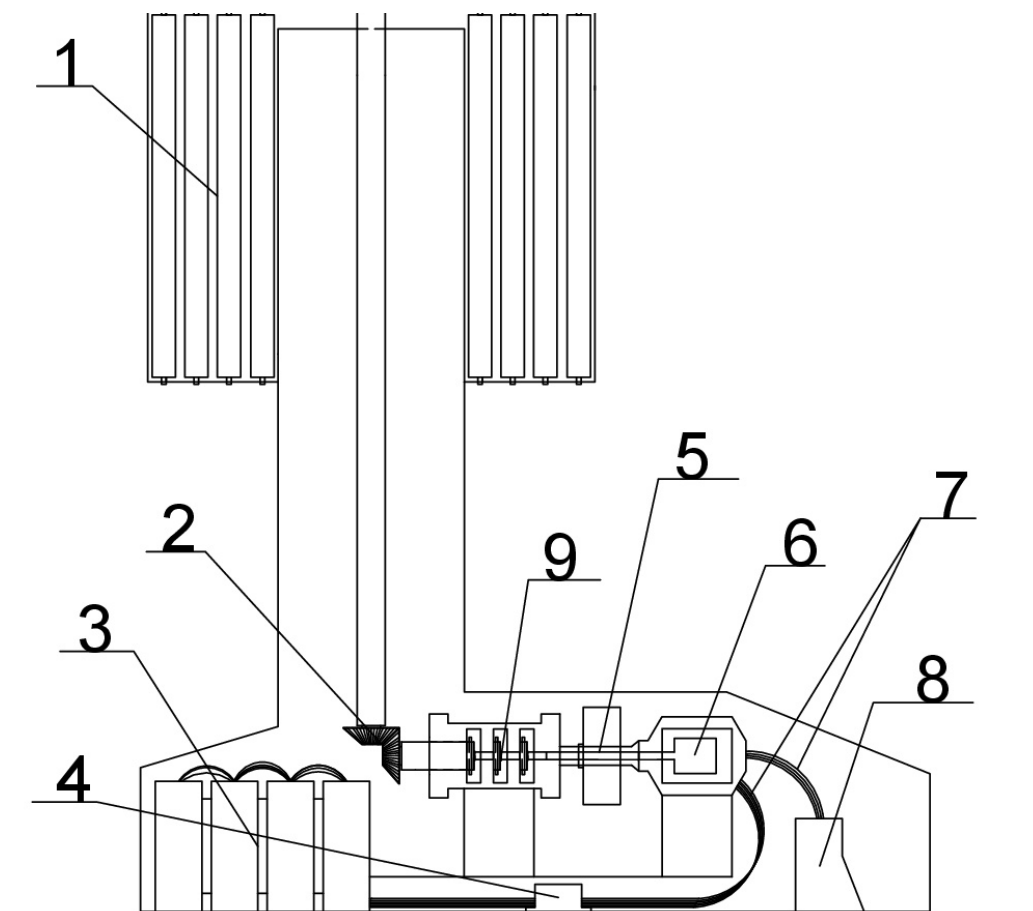


Рис. 1. Схема вертикального ветрогенератора: 1 – лопасти; 2 – конический способ передачи; 3 – аккумуляторные батареи; 4 – выпрямитель электрического тока; 5 – тормозной механизм; 6 – генератор переменного тока; 7 – кабели для транспортировки переменного тока; 8 – повышающий трансформатор; 9 – редуктор с планетарным механизмом

УДК 621.83.06
ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА СФЕРИЧЕСКОЙ РОЛИКОВОЙ
ПЕРЕДАЧИ С ДВУХРЯДНЫМ САТЕЛЛИТОМ

Е. С. ЛУСТЕНКОВА, М. В. РАЗГОНОВ, Ю. В. МАШИН
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Целью работы являлось создание методики расчета и проектирования сферической роликовой передачи (СРП) с двухрядным сателлитом [1], включающей определение основных геометрических параметров деталей (проектный расчет) и проверочные прочностные расчеты.

В ходе исследований были установлены новые взаимозависимости геометрических, кинематических и силовых параметров СРП, получены зависимости для определения основных геометрических параметров передачи по критериям максимального КПД и максимального передаваемого момента. Критерием, определяющим прочность передачи, является контактная выносливость кулачковых поверхностей сферических кулачков, образующих пространственные замкнутые периодические беговые дорожки под тела качения. Расчет роликов дополнительно проводят на срез и на смятие поверхностей, контактирующих с сателлитом. В методике также приведены параметрические уравнения траекторий центров сферических участков роликов, которые позволяют изготавливать кулачковые профили на станках с ЧПУ с помощью сферических фрез.

Методика дополнена примером расчета СРП. Для примера приняты следующие материалы основных деталей: для кулачков – сталь 12ХНЗА с цементацией до твердости 58...62 HRC; для роликов – сталь 18ХГТ, термообработка – цементация, закалка до твердости 60...62 HRC. Материал сателлита – сталь 45 с улучшением до твердости поверхности 220...240 НВ. При максимальном диаметре корпуса передачи 100 мм и передаточном отношении $i = 16$ допускаемый передаваемый момент составил 50 Н·м, теоретически рассчитанный КПД – 0,85.

Разработанная методика позволяет проектировать редукторы, встраиваемые в механизмы, передающие вращение под углом либо компенсирующие значительные угловые несоосности валов приводов [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Лустенков, М. Е.** Расчет и проектирование сферических роликовых передач: монография / М. Е. Лустенков, Е. С. Лустенкова. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2017. – 177 с.: ил.
2. **Лустенков, М. Е.** Проектирование планетарных шариковых передач с различными профилями беговых дорожек / М. Е. Лустенков // Вестн. Брян. гос. техн. ун-та. – 2009. – № 2. – С. 70–77.

УДК 621.83.06

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КУЛАЧКОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ, КОНТАКТИРУЮЩИХ С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ РОЛИКАМИ

Е. С. ЛУСТЕНКОВА, Я. Н. МЕТЕЛИЦА, В. Л. КОМАР
Белорусско-Российский университет

А. Н. МОЙСЕЕНКО
Могилевский институт МВД Республики Беларусь
Могилев, Беларусь

Сферические роликовые передачи (СРП) с двухрядным сателлитом [1], разрабатываемые в Белорусско-Российском университете, имеют в своей конструкции ролики, которые сферическими концами контактируют с поверхностями кулачков, образующих беговые дорожки. Выбор конструкции роликов обусловлен технологическим аспектом: кулачковые поверхности образуются на фрезерном обрабатывающем центре с помощью сферической фрезы при движении ее центра по замкнутой периодической кривой, расположенной на сфере. Силовой анализ роликового зацепления показал, что цилиндрическая поверхность ролика позволит увеличить нагрузочную способность передачи. Для подтверждения результатов было проведено компьютерное моделирование СРП в системе NX (рис. 1).

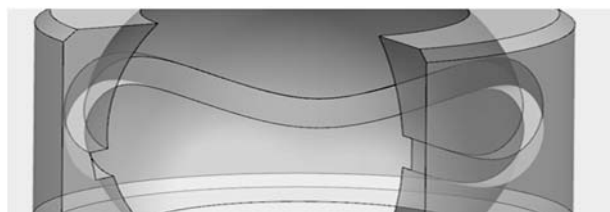


Рис. 1. Результаты моделирования кулачковых поверхностей

Исследования в САЕ-модуле Motion simulation системы NX показали, что КПД СРП с цилиндрическими роликами увеличивается на 1...3 % при прочих равных условиях. Однако существенно усложняется технология изготовления кулачковых поверхностей. Упрощение кулачкового профиля [2] приведет к возрастанию динамических нагрузок. Необходимо согласование движений цилиндрической фрезы и заготовки либо применение 5-координатного станка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Лустенков, М. Е.** Расчет и проектирование сферических роликовых передач: монография / М. Е. Лустенков, Е. С. Лустенкова. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2017. – 177 с.: ил.
2. **Лустенков, М. Е.** Расчет геометрии адаптированного профиля эллипсной шариковой передачи / М. Е. Лустенков // Технология машиностроения. – 2005. – № 5. – С. 36–38.

УДК 833.06

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ МОБИЛЬНОГО ГРУЗОПОДЪЕМНОГО УСТРОЙСТВА

Д. М. МАКАРЕВИЧ, С. Д. МАКАРЕВИЧ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Проведение аварийно-спасательных работ в условиях чрезвычайных ситуаций требует применения грузоподъемной техники. Мобильные краны выполняют в этом ключевую роль, однако их использование в стесненных условиях может быть затруднено, и при необходимости проведения работ под завалами требуются компактные грузоподъемные устройства. Одним из таких средств может выступать мобильное устройство, предназначенное для поднятия грузов из глубины, опускания и подъема людей при работе в шахтах или колодцах. Устройство состоит из механизма подъема, несущей части, представляющей собой треногу, блока, крюка, подъемного каната.

Целью работы является исследование напряженно-деформированного состояния несущей части устройства для поднятия грузов. В конструктивном исполнении несущая часть представляет собой пространственную раму, состоящую из трех телескопических ног, соединенных с оголовком в виде пластины. Верхняя часть ног выполнена из алюминиевого сплава, нижняя – из стали. Опираемость треноги осуществляется при помощи самоустанавливающихся в одной плоскости лап, расположенных в нижней части ног. Передача веса поднимаемого груза происходит через подпятник блока непосредственно на пластину и далее на опорные ноги.

Расчет несущей способности проводился для наиболее неблагоприятного варианта нагружения. Этот вариант реализуется в том случае, когда набегаящая и сбегаящая ветви подъемного каната расположены вертикально и при этом суммарная нагрузка на несущую часть будет равна удвоенному весу поднимаемого груза.

На начальном этапе было проанализировано напряженно-деформированное состояние двух несущих конструкций, отличающихся местом установки направляющего блока. В первом варианте блок устанавливался не по центру сверху пластины, и в ней выполнялось отверстие для пропускания каната. Второй вариант предполагал центральную установку блока снизу пластины. Анализ показал, что предпочтительным, с позиции нагруженности, является второй вариант, при котором происходит равномерное распределение нагрузок по опорным ногам. Этот вариант был выбран в качестве базового для дальнейшего исследования.

Расчет проводился с использованием метода конечных элементов для следующих условий:

- нагружение статическое;

- удвоенная сила тяжести груза (20 кН) действует вертикально;
- толщина верхней стальной пластины – 10 мм;
- сечение ног прямоугольное коробчатое (верхняя алюминиевая часть – 30×50 мм, нижняя стальная часть – 25×45 мм, толщина стенок ног – 2,5 мм).

Уровень максимальных напряжений в пластине составил около 300 МПа, в ногах – не более 12 МПа. Значения деформаций составили: для пластины – 0,74 мм, для алюминиевой части ног – 0,43 мм, для стальной – 0,12 мм.

Для ответственных конструкций расчет на прочность необходимо вести по допускаемым напряжениям. Приняв коэффициент запаса, равный трем, получаем значения допускаемых напряжений для элементов конструкции:

- для стали – 80 МПа;
- для алюминиевого сплава – 60 МПа.

Результаты вычислений показали, что часть конструкции (пластина) работает за пределом допускаемых напряжений, а ноги имеют пятикратный запас прочности. Это сделало целесообразным проведение оптимизационного расчета для подбора конструктивных размеров элементов. В качестве факторов варьирования были приняты:

- толщина пластины;
- ширина поперечного сечения алюминиевой части ног;
- высота поперечного сечения алюминиевой части ног.

Целевой функцией является объем, т. к. конструкция состоит из материалов различной плотности, функцией штрафа – величина допускаемых напряжений.

В результате выполнения оптимизационного расчета по критерию прочности получены следующие значения факторов варьирования:

- толщина пластины – не менее 19,7 мм;
- ширина поперечного сечения алюминиевой части ног – 15 мм;
- высота поперечного сечения алюминиевой части ног – 20 мм.

При этом происходит снижение объема конструкции с 0,0025 до 0,00112 м³, т. е. почти в 2,5 раза, а уровень напряжений в элементах не превышает допускаемых значений. Расчет по критерию устойчивости формы конструкции также показал достаточный запас.

Таким образом, мобильное устройство для поднятия грузов может безопасно эксплуатироваться в реальных условиях при рассмотренных параметрах нагружения.

УДК 621.861

РАЗРАБОТКА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НОЖНИЦ ДЛЯ РЕЗКИ ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ С ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИМИ РУКОЯТКАМИ

С. Д. МАКАРЕВИЧ, А. С. МАКАРЕВИЧ, Д. М. МАКАРЕВИЧ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Техническое оснащение подразделений МЧС Беларуси не в полной мере удовлетворяет тем современным потребностям, которые бы обеспечили минимальные затраты во время проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ при ликвидации различных чрезвычайных ситуаций, вызванных стихийными бедствиями, авариями и катастрофами.

В настоящее время при ликвидации чрезвычайных ситуаций, а в частности пожаров, резка электропроводов под напряжением на линиях электропередач осуществляется диэлектрическими ножницами с обычными рукоятками с трехколенной пожарной лестницы спасателем и страхующим, что приводит к значительной задержке начала тушения пожара. Так как тушение пожара в жилых многоквартирных и блокированных домах разрешается только при отключении подачи электроэнергии к дому от линии электропередач, то этот процесс занимает несколько минут и отвлекает двух спасателей от непосредственного тушения. Наиболее актуальна эта проблема проявляется при тушении жилых домов и хозпостроек в сельской местности.

Для решения задачи по значительному уменьшению времени отключения электроэнергии от линии электропередач к строениям было принято решение по разработке диэлектрических ножниц для резки электропроводов при ликвидации чрезвычайных ситуаций с телескопическими рукоятками с применением редуцирующего механизма на базе планетарной зубчатой передачи. Это решение позволяет проводить резку электропроводов одному спасателю с поверхности земли на высоте до 4,5 м, в результате чего не понадобятся установка трехколенной пожарной лестницы и страховка вторым спасателем.

При разработке ножниц были выполнены следующие технические требования:

- максимальное напряжение (переменное – 1000 В; постоянное – 1500 В);
- диаметр перерезаемых проводов – не менее 10 мм;
- масса ножниц – не более 5 кг;
- температурный диапазон эксплуатации – $-40...+70^{\circ}\text{C}$;
- длина ножниц в разложенном состоянии – не менее 3,5 м.

Схематическое изображение диэлектрических ножниц представлено на рис. 1.

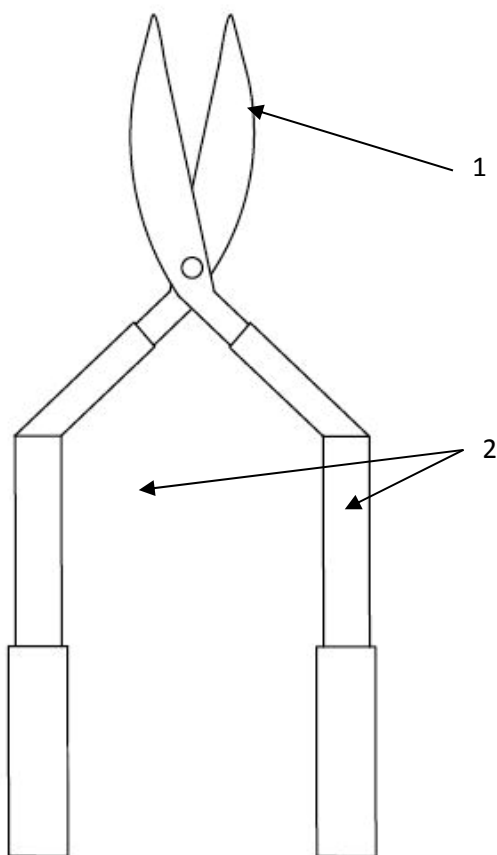


Рис. 1. Конструкция диэлектрических ножниц для резки электропроводов при ликвидации чрезвычайных ситуаций с телескопическими рукоятками: 1 – режущая часть; 2 – телескопические рукоятки

Выполнены следующие задачи:

- проведены теоретические и экспериментальные исследования по определению возможности разработки диэлектрических ножниц для резки электропроводов при ликвидации чрезвычайных ситуаций с телескопическими рукоятками;
- разработана рабочая конструкторская документация на диэлектрические ножницы.

В настоящее время ведутся работы по изготовлению опытного образца ножниц и разрабатывается методика проведения комплекса экспериментальных исследований и испытаний.

УДК 621.9

СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ КРЕПЛЕНИЯ АНКЕРНЫХ БОЛТОВ В ГРУНТЕ

В. А. ПОПКОВСКИЙ, А. А. КАТЬКАЛО, Д. А. БОРОДИН

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В современном садоводстве все в большей мере используются низкорослые растения, нуждающиеся в дополнительном крепеже их для обеспечения прочностных характеристик от негативного воздействия ветровой и снеговой нагрузок, собственного веса созревших плодов. Эти требования обеспечиваются при использовании специальных конструкций, позволяющих повысить сопротивляемость растений указанным воздействиям. Одним из силовых элементов данных конструкций является анкерный болт, закрепленный определенным образом в грунте. Возможны различные варианты фиксации анкерного болта – фиксация непосредственно на определенную глубину в грунте, фиксация в грунте с дополнительной заливкой бетона. В работе приведен анализ различных вариантов крепления болта с целью определения наиболее подходящего с позиций прочности, жесткости, себестоимости, трудозатрат и технологичности.

Анализ напряженно-деформированного состояния вариантов крепления анкерного болта в грунте осуществляется с использованием метода конечных элементов. В сопоставляемых вариантах действующая нагрузка, свойства грунта и стали болта задавались аналогичными. Модель включала в себя 49737 конечных элементов и имела 28563 степени свободы.

В дальнейшем, используя данную модель, производился расчет различных вариантов крепления анкерного болта в грунте. В сопоставляемых вариантах вытягивающая из грунта нагрузка задавалась 30000 Н.

На рис. 1 приведено распределение перемещений точек модели при действии на анкер нагрузки. Как видно из рисунка, наибольшее перемещение в данном варианте крепления анкерного болта составляет 1,36 мм.

На рис. 2 приведено перемещение точек модели при фиксации бетона высотой 500 мм. Максимальное перемещение в вертикальном направлении (см. рис. 2) при этом закреплении составляет 0,4 мм. На следующем этапе рассматривался вариант закрепления со слоем бетона высотой 300 мм (рис. 3). Расчеты показали, что величина и характер распределения напряжений аналогичны предыдущему случаю. Приобретаемое максимальное перемещение (см. рис. 3) несколько больше, чем в предыдущем случае закрепления (см. рис. 2), но меньше, чем в стандартном случае фиксации в грунте анкерного болта (см. рис. 1).

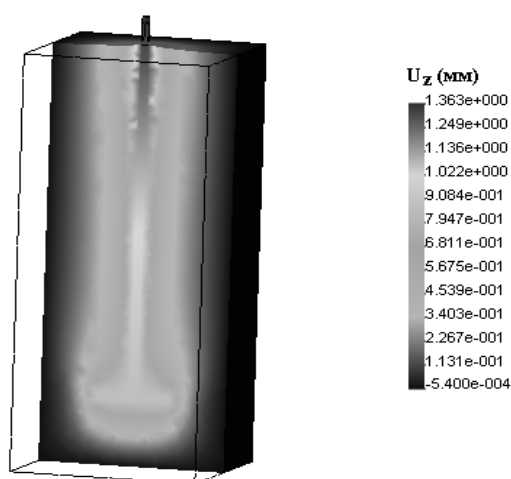


Рис. 1. Распределение перемещений по объему модели при фиксации без заливки бетона

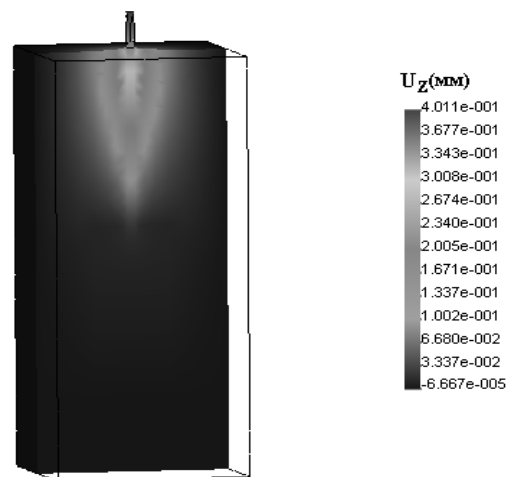


Рис. 2. Распределение перемещений по объему модели при фиксации бетона высотой 500 мм

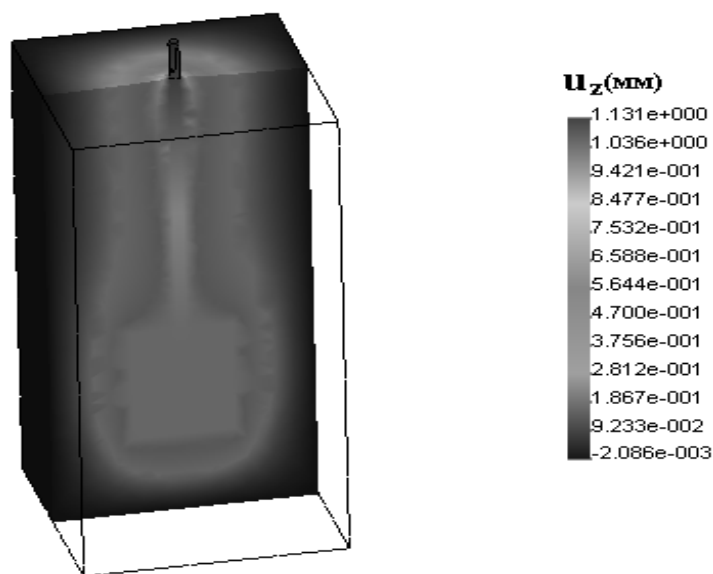


Рис. 3. Распределение перемещений по объему модели при фиксации бетоном высотой 300 мм

Таким образом, на основании проведенного анализа, можно сделать вывод – предлагаемый альтернативный вариант крепления анкерного болта, с заливкой слоя бетона, обеспечивает более высокую жесткость и не менее прочен.

УДК 621.83.06

СФЕРИЧЕСКАЯ ПЕРЕДАЧА С ФИКСИРОВАННЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ТЕЛ КАЧЕНИЯ

А. П. ПРУДНИКОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

С целью повышения максимального передаточного отношения передач с промежуточными телами качения была предложена конструкция сферической передачи с фиксированным расположением промежуточных тел качения (составных роликов). Передача является сферической, т. к. беговые дорожки выполнены на сферической поверхности. При этом можно выделить цилиндрическую и радиальную компоновки передачи в зависимости от того, как расположены беговые дорожки: вдоль оси передачи или перпендикулярно ей.

В цилиндрической компоновке для получения беговых дорожек используется уравнение винтовой линии, расположенной на сферической поверхности. В радиальной компоновке – уравнение спирали Архимеда, расположенной на сферической поверхности. Соответственно, беговые дорожки незамкнуты. На ведущем звене винтовая линия (спираль Архимеда) может иметь несколько витков (целое число). На неподвижном звене беговые дорожки (канавки) представляют собой часть винтовой линии (спирали Архимеда), нарезанной с равным шагом на сферической поверхности неподвижного звена.

Промежуточные тела качения устанавливаются на ведомом валу и представляют собой цилиндрические диски с выступами (пальцами), которые взаимодействуют с беговыми дорожками на ведущем и неподвижном звеньях. Поворот ведущего звена вынуждает диск с пальцами вращаться, одновременно контактируя с беговой дорожкой на неподвижном звене. Наложённые связи приводят во вращение с редукцией ведомое звено. При повороте цилиндрического диска каждый палец последовательно переходит с беговой дорожки на ведущем звене на беговую дорожку на неподвижном звене. То есть совершает движение по замкнутой беговой дорожке. Минимальное количество пальцев равно двум, но может быть увеличено с целью повышения нагрузочной способности передачи. Нагрузка распределяется между всеми промежуточными телами качения.

Передаточное отношение передачи определяется как произведение числа витков винтовой линии (спирали Архимеда) на ведущем звене и числа канавок на неподвижном звене. И может варьироваться от 6 до 100. При этом радиальные габаритные размеры передачи не превышают 200 мм.

СИЛОВОЙ АНАЛИЗ ПЕРЕДАЧИ С ФИКСИРОВАННЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ТЕЛ КАЧЕНИЯ

А. П. ПРУДНИКОВ, О. А. ДЮКО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Передача с фиксированным расположением промежуточных тел качения (составных роликов) обладает более высоким КПД и надежностью по сравнению с классическими передачами с промежуточными телами качения. Анализ радиальной и цилиндрической компоновок передачи показал, что с точки зрения технологичности изготовления целесообразнее использовать радиальную компоновку.

Для определения рациональных геометрических параметров передачи необходимо получить зависимости для определения сил, действующих между звеньями. Силовой анализ также позволяет оценить факторы, влияющие на коэффициент полезного действия передачи.

При проведении силового анализа были учтены некоторые конструктивные особенности предложенной схемы передачи с фиксированным расположением промежуточных тел качения. В частности, составной ролик устанавливается на ведомом валу и совершает в процессе работы передачи колебательные движения относительно точки его фиксации, располагаемой на середине его длины. Поскольку беговая дорожка должна быть спрофилирована с учетом траектории движения конца ролика, совершающего колебательное движение, то контактирующие поверхности конца ролика и беговой дорожки выполняются сферическими.

В результате разработана математическая модель, позволяющая определять силы, действующие в зацеплении промежуточных тел качения с элементами передачи. Ее анализ показал, что максимальные нагрузки действуют на составной ролик в месте его установки на ведомом валу. При этом КПД передачи соответствует червячным редукторам и в наибольшей степени на него влияет длина составного ролика (один из параметров, которым можно варьировать). Для проверки полученной математической модели был использован метод конечных элементов, посредством которого определялись силы, действующие в зоне взаимодействия составного ролика с беговыми дорожками. Разница между полученными результатами математического и компьютерного моделирования не превысила 5 %. Таким образом, была подтверждена адекватность полученной математической модели, позволяющей определять силы, действующие на звенья передачи с фиксированным расположением промежуточных тел качения, а также определять ее КПД.

УДК 531.8
ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МЕХАНИЗМОВ
НА ОСНОВЕ УРАВНЕНИЯ ЛАГРАНЖА ВТОРОГО РОДА

О. В. ПУЗАНОВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь.

Уравнение Лагранжа второго рода для механизма с w степенями подвижности с жесткими звеньями и голономными стационарными связями имеет вид:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_s} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_s} = Q_s + Q_{cs} \quad (s = 1, \dots, w),$$

где $T(q_1, \dots, q_w, \dot{q}_1, \dots, \dot{q}_w)$ – кинетическая энергия механизма, представленная как функция обобщённых координат и их производных; Q_s, Q_{cs} – обобщенные движущие силы и силы сопротивления.

Для механизма с одной степенью подвижности уравнение Лагранжа второго рода имеет вид:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial T}{\partial q} = Q + Q_c.$$

Координаты всех точек такой механической системы могут быть представлены как функции обобщённой координаты q :

$$x_k = x_k(q); \quad y_k = y_k(q); \quad z_k = z_k(q).$$

Кинетическую энергию T механизма можно представить как энергию системы n материальных точек с голономными стационарными связями:

$$T = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n m_k (\dot{x}_k^2 + \dot{y}_k^2 + \dot{z}_k^2) = \frac{1}{2} a(q) \dot{q}^2,$$

где $a(q)$ – инерционный коэффициент.

Тогда уравнение Лагранжа второго рода для механизма с одной степенью подвижности имеет вид:

$$a(q)\ddot{q} + \frac{1}{2}a'(q)\dot{q}^2 = Q + Q_c.$$

Уравнение Лагранжа второго рода для механизма с несколькими степенями подвижности аналогично предыдущему и имеет вид:

$$\sum_{k=1}^w a_{sk} \ddot{q}_s + \frac{1}{2} \sum_{i,k=1}^w [i, k, s] \dot{q}_i \dot{q}_k = Q + Q_c \quad (s = 1, \dots, w),$$

где $[i, k, s]$ – символ Кристоффеля первого рода,

$$[i, k, s] = \sum_{i,k=1}^w \left(\frac{\partial a_{sk}}{\partial q_i} + \frac{\partial a_{si}}{\partial q_k} - \frac{\partial a_{ik}}{\partial q_s} \right).$$

Решались задачи построения математических моделей механизмов с одной и несколькими подвижностями (рис. 1) на основе уравнения Лагранжа второго рода.

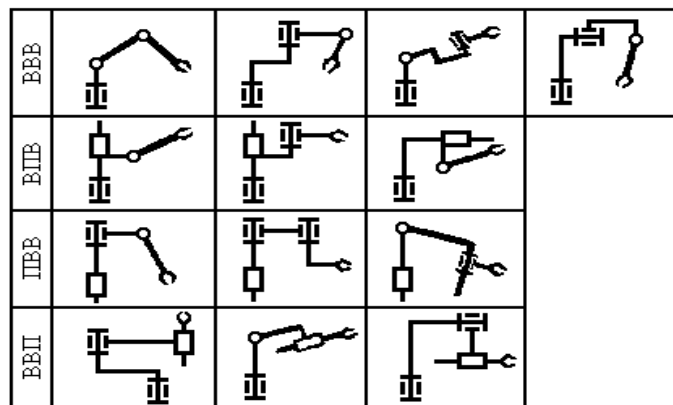


Рис. 1. Схемы пространственных трехподвижных механизмов

Кинетическую энергию звеньев механизма представляли в виде суммы кинетических энергий отдельных звеньев

$$T = \sum_i^N T_i.$$

Кинетическая энергия каждого звена, совершающего пространственное движение, определялась по теореме Кенига

$$T_i = \frac{1}{2} (m_i v_{C_i}^2 + \Omega_i \cdot J_i^C \cdot \Omega_i),$$

где i – номер звена; m_i – его масса; J_i^C – тензор инерции i -го звена в его центре масс C_i ; Ω_i – абсолютная угловая скорость i -го звена.

При анализе одноподвижных плоских рычажных механизмов получены графики изменения обобщённой координаты q и ее производных от времени при заданной постоянной рабочей нагрузке и постоянном движущем моменте. Установлено, что характер движения зависит от уровня нагрузки. При переменной нагрузке эквивалентные гармонические колебания передаются ведущему звену.

При анализе пространственных трехподвижных механизмов установлено, что законы движения по одной из обобщённых координат влияют на моменты двигателей, изменяющих другие координаты, т. е. появляется динамическая связанность степеней подвижности пространственных трехподвижных механизмов.

Н. И. РОГАЧЕВСКИЙ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Зубчатые передачи являются одними из наиболее распространенных в технике механизмов и зачастую определяют надежность и долговечность машин. Наряду с работами по созданию новых зацеплений, проводятся исследования, связанные с совершенствованием эвольвентных зубчатых передач, показывающие, что резервы их далеко не исчерпаны.

На практике применяют зубчатые передачи работающие в одном из двух режимов: 1) когда разноименные боковые поверхности зубьев работают примерно в одинаковых условиях; 2) в разных условиях, например, передачи авиационные, механизмов подъема груза, автомобильные и других самых разнообразных машин и механизмов.

Исследования специалистов показали, что в передачах со вторым режимом работы целесообразно применять зубчатые колеса с нетрадиционным (нестандартным) профилем зубьев. Для нарезания таких колес требуется специальный зуборезный инструмент, ему соответствует сложный исходный производящий контур, у которого разноименные боковые стороны несимметричны [1].

Широкое применение такого рода передач сдерживается рядом обстоятельств, одним из которых является отсутствие в литературе методики расшифровки венцов с несимметричными зубьями, что ограничивает ремонтное производство этих передач. Разработке указанной методики посвящена настоящая работа.

В работе используются термины и обозначения, установленные ГОСТ 16530–83 и ГОСТ 16531–83, и дополнительные термины и обозначения, которые понадобились для изложения материала. Величины, относящиеся к разноименным поверхностям зуба с несимметричным профилем, снабжены индексами: индекс « P » относится к условной рабочей (воспринимающей подавляющее число циклов нагружений) поверхности зуба, а « H » – к нерабочей (нагруженной гораздо реже). Если же параметр относится к любой из указанных поверхностей зуба, то он пишется без индексов или с обоими индексами. Например, под записью $r_{bP,H}$ понимают r_{bP} и r_{bH} .

Геликоидные части боковых поверхностей несимметричных зубьев и их взаимное положение однозначно определяются следующими основными параметрами: числом зубьев z ; радиусами основных окружностей $r_{bP,H}$; основными углами наклона $\beta_{bP,H}$, направление которых устанавливается

визуально; основной угловой шириной впадины (углом между радиусами, проведенными через предельные точки эвольвент разноименных профилей смежных зубьев) η_0 [2].

Исходными данными для определения основных параметров геликоидных частей боковых поверхностей несимметричных зубьев и взаимного положения их разноименных поверхностей являются: пересчитанное число зубьев z исследуемого колеса; диаметры шариков D_i ; числа зубьев z_{p1} и z_{p2} этого колеса, которые отделяют шарики друг от друга (при этом $z_{p1} = z/2$, если z четное, $z_{p1} = (z - 1)/2$, если z нечетное, $z_{p2} = z_{p1} - 1$); не равные друг другу значения, полученные путем измерений размеров M_i по шарикам диаметрами D_i , при этом D_i должны иметь такие величины (из ГОСТ 3722–60), чтобы шарики не соприкасались с переходными поверхностями впадин и вершин (устанавливается визуально).

Искомые параметры $r_{bP,H}$, $\beta_{bP,H}$, η_0 являются корнями системы пяти следующих уравнений [2]:

$$M_i = D_i + 2r_{bP,H} \sin(\pi z_{p1} / z) / \cos \alpha_{DP,Hi}, \quad i = 1, 2, 3;$$

$$M_i = D_i + 2r_{bP,H} \sin(\pi z_{p2} / z) / \cos \alpha_{DP,Hi}, \quad i = 1, 2;$$

где $\alpha_{DP,Hi}$ – углы профиля в точках на концентрических окружностях исследуемого зубчатого колеса, проходящих через центры шариков.

α_{DPi} являются корнями нелинейных уравнений

$$\operatorname{inv} \alpha_{DPi} + \operatorname{inv} \arccos(r_{bH} \cos \alpha_{DPi} / r_{bP}) - \frac{D}{mz} \left(\frac{1}{\cos \alpha_p} + \frac{1}{\cos \alpha_H} \right) + \eta_0 = 0;$$

$$\alpha_{DHi} = \arccos(r_{bH} \cos \alpha_{DPi} / r_{bP}).$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Андожский, В. Д.** Эвольвентные зубчатые колеса с несимметричным профилем зубьев / В. Д. Андожский, Н. И. Рогачевский // Вестн. машиностроения. – 1988. – № 10. – С. 32–34.
2. **Рогачевский, Н. И.** Размер по роликам (шарикам) зубчатых колес с несимметричным профилем зубьев / Н. И. Рогачевский // Машиноведение. – 1983. – № 5. – С. 35–38.

УДК 621.78
ВЛИЯНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ
КОНТАКТНОЙ УСТАЛОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

С. П. РУДЕНКО

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси
Минск, Беларусь

Приведены результаты комплексных исследований зубчатых колес с модулем 10 мм, изготовленных из цементуемой высоколегированной стали 20X2H4A. Показано, что при стабильной работе термического оборудования, оснащенного компьютеризированными системами автоматического регулирования параметров техпроцесса химико-термической обработки, в крупномодульных зубчатых колесах из стали 20X2H4A формируется диффузионный слой с поверхностной твердостью 60...61 HRC и эффективной толщиной 0,08...0,1 мм до микротвердости 750 HV_{0,2}. На расстоянии 0,2 мм от поверхности максимальное содержание остаточного аустенита равно 36 %, а углерода – 0,9 %. Относительно невысокое содержание в диффузионном слое остаточного аустенита объясняется наличием в технологическом процессе химико-термической обработки операции высокого отпуска, при котором происходит перераспределение легирующих элементов между твердым раствором и карбидами. При нагреве для закалки часть таких карбидов не растворяется, что способствует снижению легированности аустенита и повышению точки мартенситного превращения. При закалке благодаря более полному мартенситному превращению в структуре формируется значительно меньше остаточного аустенита.

В технологическом процессе изготовления зубчатых колес финишной операцией является шлифование зубьев. В связи со снятием поверхностного «полезного» слоя при шлифовании зубьев и снижением уровня микротвердости по толщине диффузионного слоя сопротивление контактной усталости шлифованных зубчатых колес должно понижаться. Влияние на сопротивление усталости зубчатых колес величины припуска под шлифование зубьев с учетом градиента микротвердости в диффузионном слое оценивали по методике расчета ресурса зубчатых передач мобильных машин [1]. В результате расчета получено, что опасная зона зарождения трещин контактной усталости с учетом припуска под шлифование на сторону зубьев 0,4 мм находится на расстоянии от поверхности 0,7...0,8 мм, а прогнозируемый ресурс при условии равномерного снятия припуска при шлифовании всех зубьев с величиной микротвердости в данной зоне 730...740 HV_{0,2} составляет 700 ч.

Ресурсные стендовые испытания показали преждевременный выход из строя зубчатого колеса после появления прогрессирующего контактного выкрашивания на рабочей поверхности зуба испытуемого колеса при

значительно меньшей наработке (400 ч). В результате металлографических исследований установлено, что из-за неравномерного съема припуска при шлифовании величина микротвердости в опасном сечении диффузионного слоя для зуба (1) с контактным выкрашиванием (на расстоянии от поверхности $\sim 0,7$ мм) значительно ниже (690 HV_{0,2}), чем для соседнего зуба (2), для которого данная величина составляет 730 HV_{0,2} (рис. 1).

Установлено, что причиной неравномерного съема припуска при шлифовании соседних зубьев послужила повышенная величина коробления зубчатого колеса после химико-термической обработки. Получено, что основное влияние на неравномерность съема припуска при шлифовании зубьев оказывает повышенная кинематическая погрешность зубчатого колеса после химико-термической обработки, а именно: радиальное биение зубчатого венца F_r и накопленная погрешность шага зубчатого колеса F_p , величины которых после ХТО соответствуют 12-й степени точности по ГОСТ 1643–81 (рис. 2).

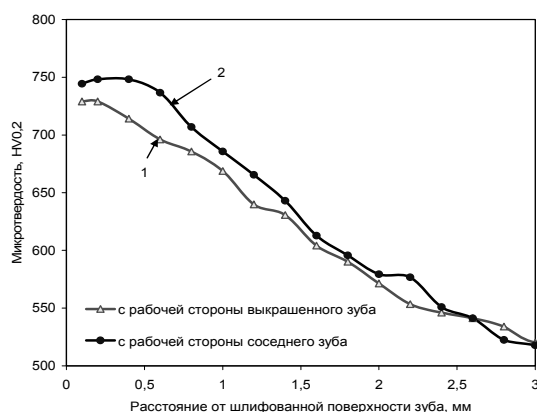


Рис. 1. Распределение микротвердости по толщине упрочненного слоя выкрошенного (1) и соседнего (2) зубьев зубчатого колеса из стали 20X2H4A

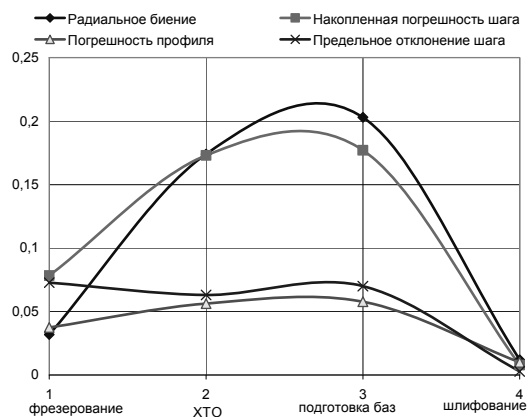


Рис. 2. Точность изготовления зубчатых колес из стали 20X2H4A на разных стадиях обработки

Таким образом, основным недостатком сложнолегированных сталей является повышенная кинематическая погрешность после химико-термической обработки, которая приводит к неравномерному съему припуска при шлифовании зубьев, что способствует снижению сопротивления контактной усталости в локальных зонах диффузионных слоев зубьев даже при гарантированном обеспечении их высоких механических характеристик при химико-термическом упрочнении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Руденко, С. П.** Особенности расчета зубчатых колес трансмиссий на глубинную контактную выносливость / С. П. Руденко, А. Л. Валько // Вестн. машиностроения. – 2015. – № 11. – С. 5–7.

УДК 621.833

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОМПЛЕКСНОГО КОНТРОЛЯ ЭВОЛЬВЕНТНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС

В. А. СОКОЛ, А. Н. ПАРФИЕВИЧ

Брестский государственный технический университет
Брест, Беларусь

В настоящее время зубчатые передачи представляют собой основу приводов, которые входят в состав современной мобильной техники и технологического оборудования. Однако, при этом, они являются основным источником шума и вибраций, и в большинстве случаев непосредственно влияют на степень надёжности машин и механизмов [1].

Постоянно растущие требования к изделиям на основе зубчатых передач приводят к соответствующему повышению требований к зубчатым колёсам, которые входят в их состав, т. к. отклонения отдельных параметров зуба и зубчатого венца влияют на функциональные возможности зубчатого колеса или пары колес в зубчатом зацеплении.

В странах СНГ параметры точности изготовления цилиндрических зубчатых колес регламентируются ГОСТ 1643–81 [2], согласно которому определяется более 20 погрешностей, подлежащих контролю специализированными метрологическими средствами. Согласно [2], проверка может осуществляться не по всем параметрам, а по комплексам из нескольких параметров в каждой группе с применением соответствующего оборудования. В результате в метрологической лаборатории, проверяющей зубчатые колеса, должно находиться до двух десятков приборов. Каждый из этих приборов имеет высокую стоимость, часть из них уже серийно не выпускается. Кроме того, поэлементный контроль имеет низкую производительность и требует специально обученного персонала.

Достаточную информацию о характере и причинах возникновения погрешностей зубьев дает аналитический контроль при помощи специализированных высокоточных зубоизмерительных машин с ЧПУ, способных получить картину комплексного качества цилиндрических зубчатых колес по всем нормам точности в графическом виде, что существенно облегчает анализ протоколов измерения. Однако, данные машины поставляются в нашу страну зарубежными производителями. Поэтому их программное обеспечение и методики координатных измерений, включающие в себя стратегию измерения (число точек, их расположения на контролируемых поверхностях и последовательность обхода), адаптированы под стандарты ISO 1328, DIN 3961, которые значительно отличаются от применяемого в нашей стране ГОСТ 1643–81.

Также к недостаткам данного оборудования стоит отнести высокую среднюю стоимость (свыше 100 тыс. евро), длительность процесса контроля, отсутствие на большинстве машиностроительных предприятиях подготовленных кадров: инженеров-метрологов, контролеров, операторов-наладчиков.

Стоит отметить, что перечисленные поэлементные методы определения точности зубчатых колёс характерны, в основном, для лабораторного контроля, а в условиях производства зачастую используют комплексные методы одно- и двухпрофильного контроля, которые позволяют более обоснованно оценить качество изготовления зубчатых колёс и передач.

Цифровые приборы двухпрофильного контроля активно разрабатываются такими фирмами, как «Frenco», «Hommelwerke». Также в нашей стране заводом «ВИЗАС» разработан опытно-промышленный прибор модели ВЗ-581.

Однако наиболее перспективными являются комплексные методы однопрофильного контроля, основанные на использовании кинематической погрешности, содержащей большое количество информации о технологических дефектах зубчатых колёс. Кинематический контроль позволяет выявлять погрешности шага зацепления, профиля, радиального биения, а также эксплуатационные дефекты прямозубых эвольвентных зубчатых колес. Кроме того, метод кинематического контроля позволяет использовать показатель плавности работы, учитывающий скорость ударного взаимодействия зубьев и определяющий виброакустическую активность при работе передачи [3].

Всё это может служить основой для создания методик комплексного контроля, являющихся более качественной альтернативой поэлементного контроля качества цилиндрических эвольвентных зубчатых колёс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зубчатые передачи. Нормативно-методическое обеспечение точности зубчатых передач на этапе проектирования / В. Е. Антонюк [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2016. – 251 с.
2. **ГОСТ 1643–81.** Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски. – Москва: Изд-во стандартов, 1981. – 69 с.
3. Зубчатые передачи и трансмиссии в Беларуси: проектирование, технология, оценка свойств / В. Б. Альгин [и др.] ; под общ. ред. В. Б. Альгина, В. Е. Старжинского. – Минск: Беларуская навука, 2017. – 406 с.

УДК 621.74.047
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ЧУГУНА
УЛЬТРАДИСПЕРСНЫМ ПОРОШКОМ КАРБИДА КРЕМНИЯ

В. Е. АГАБЕКОВ, Е. В. КАРПИНЧИК
Институт химии новых материалов НАН Беларуси
Минск, Беларусь

В. П. ГРУША, Д. А. БОБРУЙКО
Институт технологии металлов НАН Беларуси
Могилев, Беларусь

На сегодняшний день перспективным направлением является разработка и создание новых модификаторов с использованием ультрадисперсных порошков (УДП), позволяющих повысить эффективность внепечной обработки, механические и служебные свойства чугуна. Получение таких порошков требует применения дорогостоящего оборудования и использования специальных технологий, что существенно повышает их стоимость и сдерживает широкое применение. Актуальным в этом аспекте является вовлечение в хозяйственный оборот отходов электронной промышленности в виде УДП карбида кремния.

Целью настоящей работы является изучение возможности использования отходов производства в виде УДП карбида кремния, регенерируемого «ИХНМ НАН Беларуси», для модифицирования серого чугуна. Основными задачами при этом являются: разработка методики ввода, обеспечивающей усвоение УДП расплавом, и определение модифицирующего эффекта.

Для оценки эффективности модифицирования чугуна при получении отливок с различной толщиной стенки (поперечного сечения) была спроектирована и изготовлена технологическая оснастка для изготовления формы (рис. 1. *а*) и заливки образцов клиновидной пробы (рис. 1, *б*).

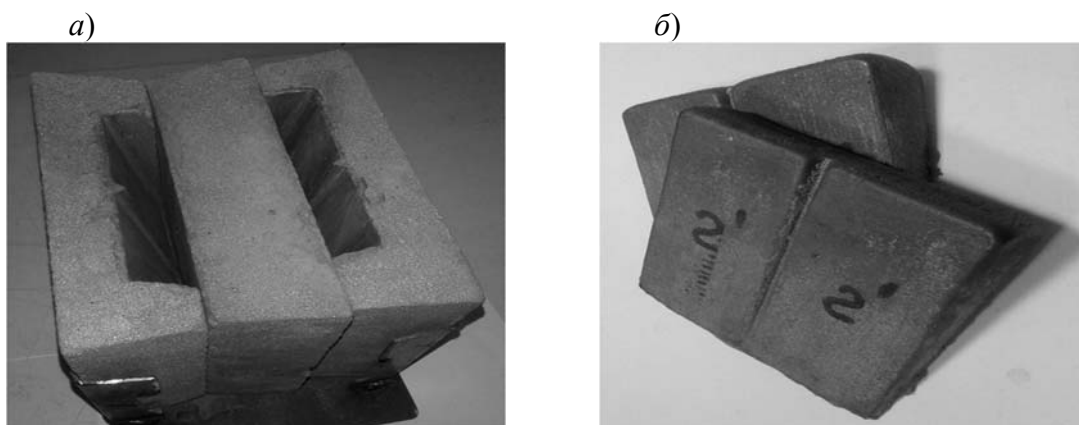


Рис. 1. Форма в сборе (*а*) для заливки клиновидной пробы (*б*)

При приготовлении расплава в индукционной печи СЭЛТ-30М/40 в качестве шихтовых материалов использовали машиностроительный лом чугуна. Разработаны и опробованы несколько вариантов модифицирования расплава: в разливочном ковше путем ввода карбида кремния в кусковом виде, в гранулах, в виде порошка сыпучего и компактированного на органической связке.

Проведен сравнительный анализ макроструктур (рис. 2, а) изломов образцов клиновидной пробы и микроструктур: немодифицированного чугуна; модифицированного FeSi75 % по традиционной технологии в ковше сэндвич-процессом и модифицированного УДП SiC. Получена зависимость распределения твердости по высоте клиновидной пробы (рис. 2, б) при различных вариантах модифицирования. Полученные результаты свидетельствуют о снижении протяженности зон сплошного отбела и переходной зоны в образцах, полученных при модифицировании компактированным SiC при введении его в расплав в количестве 0,5 %.

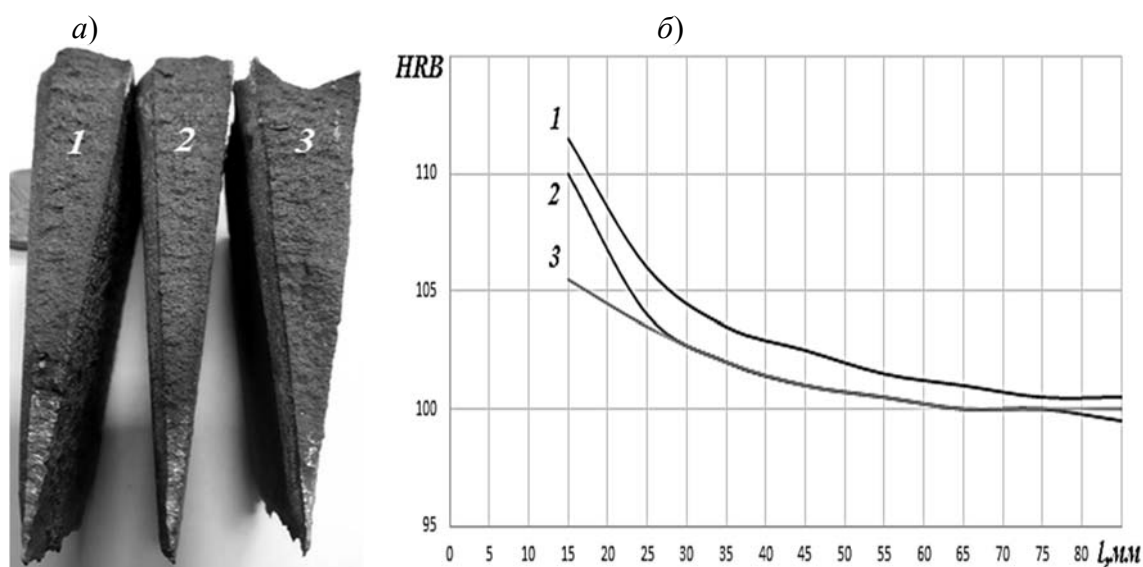


Рис. 2. Макроструктура (а) и распределение твердости (б) по высоте клиновидной пробы при различных способах модифицирования: 1 – немодифицированный чугун; 2 – модифицированный компактированным SiC (в количестве 0,5 % от массы расплава); 3 – модифицирование FeSi75 (0,3 %)

По результатам анализа можно сделать предварительное заключение о возможности использования ультрадисперсного порошка карбида кремния в качестве графитизирующего модификатора при литье серого чугуна. Прделанная работа позволила определить направления дальнейших исследований.

УДК 669.1.054.8; 621.74

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ЗАЭВТЕКТИЧЕСКОГО ВЫСОКОХРОМИСТОГО ЧУГУНА

В. М. АНДРИЕНКО, П. Ю. ДУВАЛОВ, В. А. ПУМПУР

Институт технологии металлов НАН Беларуси
Могилев, Беларусь

Модифицированию подвергался хромистый чугун следующего химического состава (%): 4,5 С; 19,2 Cr; 0,39 Ni; 0,78 Mn; 0,33 Si; 0,43 W; 0,1 Ti; 0,21 V; 0,3 Mo; 0,74 Nb.

Были отлиты три партии образцов по 5 шт. каждая с разным набором модифицирующих добавок в два вида форм – в формы из ХТС (песчаные формы) и комбинированные формы. Для сравнения механических свойств из немодифицированного чугуна, приведенного состава, были отлиты эталонные образцы в количестве 5 шт. Образцам были присвоены соответствующие номера: 32К, 33К, 34К – отлитым в комбинированные формы и 32П, 33П, 34П – полученным в формах из ХТС и 32Э – эталонным образцам (табл. 1).

Табл. 1. Механические свойства модифицированных образцов из чугуна ИЧХ18ВМ заэвтектического состава

Номер образца	Модификатор и его количество на 30 кг расплава	Удельный износ, г/см ² ·ч	Предел прочности при изгибе, МПа
32К	AlSiTi 15 г	0,0519; 0,0630; 0,0586 Ср. – 0,0579	385, 215, 230, 199, 282 Ср. – 262,2
33К	AlSiTi + Bi 15 г + 15 г	0,0490; 0,0473; 0,0468 Ср. – 0,0477	358, 295, 282, 314, 293 Ср. – 308,4
34К	AlSiTi + SiCa 15 г + 15 г	0,0363; 0,0506; 0,0450 Ср. – 0,0440	380, 290, 340, 163, 522 Ср. – 339,0
32П	AlSiTi 15 г	0,0845; 0,0978; 0,0895 Ср. – 0,0906	507, 430, 421, 472, 480 Ср. – 462,0
33П	AlSiTi + Bi 15 г + 15 г	0,0487; 0,0507; 0,0491 Ср. – 0,0495	255, 305, 282, 403, 428 Ср. – 334,6
34П	AlSiTi + SiCa 15 г + 15 г	0,0588; 0,0560; 0,0601 Ср. – 0,0583	491, 593, 656, 563, 455 Ср. – 551,6
32Э	–	0,0825; 0,1012; 0,0985 Ср. – 0,0941	160, 208, 195, 213, 250 Ср. – 205,2

На рис. 1 и 2, для наглядности при сравнении, попарно для двух типов форм графически изображены средний удельный износ и средняя прочность при изгибе образцов, полученных с использованием разных комбинаций модификаторов.

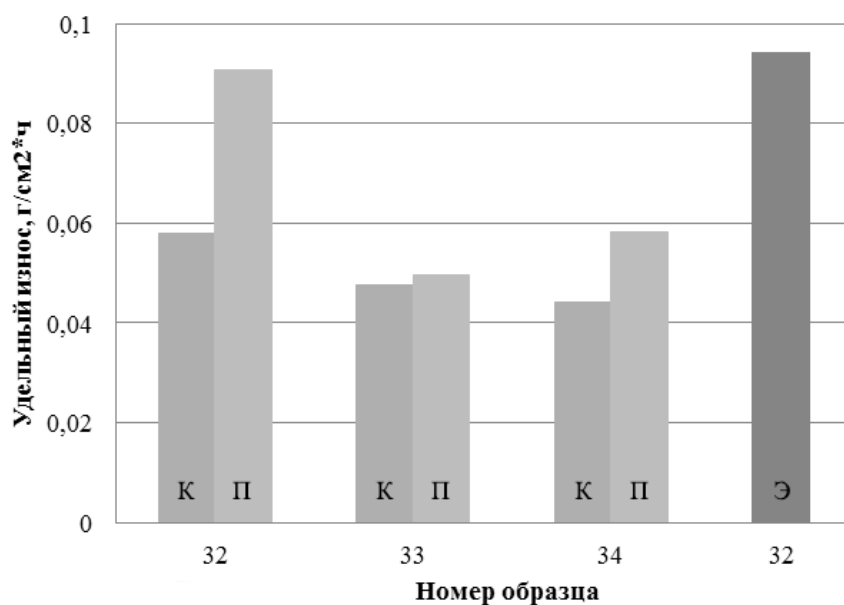


Рис. 1. Удельный износ образцов с разными модификаторами

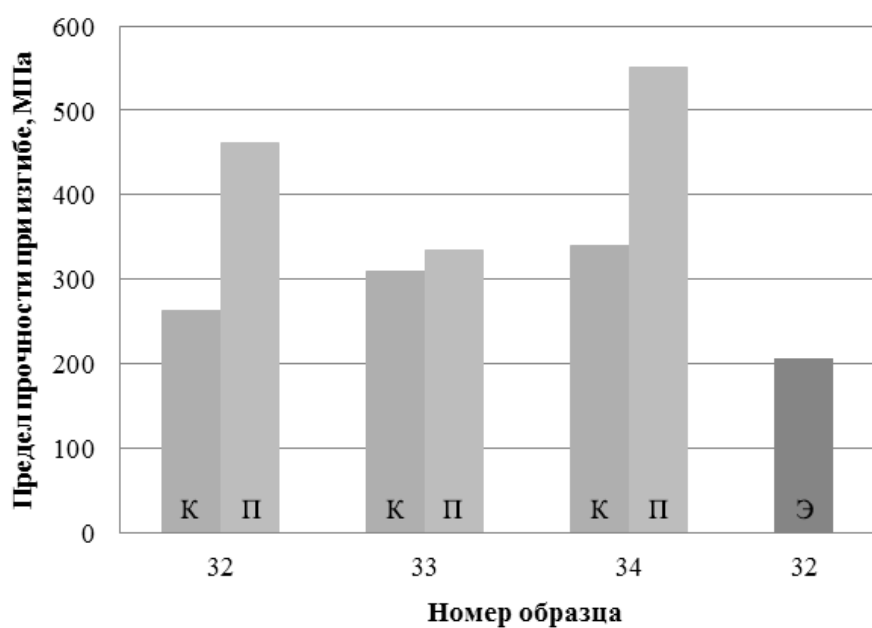


Рис. 2. Предел прочности при изгибе образцов с разными модификаторами

Наименьший средний удельный износ $0,044 \text{ г/см}^2 \cdot \text{ч}$ отмечен у образцов (34К), полученных в комбинированных формах и модифицированных комплексом $\text{AlSiTi} + \text{SiCa}$. Наибольшее значение предела прочности при изгибе образцов из песчаных форм составляет $551,6 \text{ МПа}$ (34П), а у образцов из комбинированных форм – 339 МПа (34К). Оба образца были модифицированы комплексом $\text{AlSiTi} + \text{SiCa}$.

УДК 621.762
ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРЕВА СЛОИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ ПРИ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Ю. Л. БОБАРИКИН, А. Н. ШВЕЦОВ
Гомельский государственный технический
университет им. П. О. Сухого
Гомель, Беларусь

Одним из перспективных методов нанесения износостойких самосмазывающихся порошковых покрытий является метод электроимпульсного спекания [1]. Данный способ позволяет получать покрытия из антифрикционного металлофторопластового порошкового материала, имеющего расширенный диапазон эксплуатационных свойств за счет возможности совместного использования ферромагнитного и фторопластового компонентов. Совместное использование ферромагнитного и фторопластового компонентов при электроимпульсном воздействии затруднительно из-за низкой температуры разложения полимерного составляющего. Целью данной работы было определение температуры в зоне контакта при электроимпульсном воздействии. Объектом исследования являлась антифрикционная металлофторопластовая порошковая смесь при следующем соотношении компонентов, мас. %: железо 62,5...77,0; ПТФЭ-4 5...10,0; медь 5...10,0; никель 5...10,0; олово 1...2,5; омедненный графит 4...5,0.

На основании анализа известных зависимостей [2] для температуры в зоне деформации при пропускании через нее электрического тока определена следующая зависимость для схемы нанесения порошковых покрытий на металлическую подложку:

$$T_k = \frac{I^2 \cdot t_c \cdot [4 \cdot \rho \cdot h_n / d_t^2 + R_m]}{4 \cdot m \cdot \sqrt{\lambda \cdot \gamma \cdot c \cdot v \cdot H \cdot \sqrt{t_c}}} + \frac{p \cdot h}{4 \cdot m \cdot \sqrt{\lambda \cdot \gamma \cdot c \cdot v \cdot H \cdot \sqrt{t_c}}}, \quad (1)$$

где I – сила тока, А; m – коэффициент, учитывающий неравномерность падения температуры, $m = 1/2$; t_c – время сварки, с; R_m – электросопротивление материала, Ом; ρ – удельное электросопротивление, Ом·м; h_n – толщина проплавления, м; d_t – диаметр точки проплавления, м; λ – плотность материала, кг/м³; γ – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м·К); c – удельная теплоемкость материала, Дж/(К·кг); v – скорость движения роликов, м/с; H – начальная высота полосы до прокатки, м; p – контактное давление, Па; h – толщина материала после прокатки, м; S – площадь контакта прокатываемого материала с валками-электродами, м².

Для электросопротивления композиционного материала R_m на основании экспериментальных данных получено уравнение:

$$R_m = 1,56931 - 0,0246T_k + 0,00009T_k - 1,35585p + 0,3031p^2 + 0,0107T_k \cdot p. \quad (2)$$

Удельное электросопротивление ρ определяется по уравнению

$$\rho = \frac{R \cdot S}{(H + h) / 2} \quad (3)$$

Величина S определяется по формуле

$$S = b \cdot l_3, \quad (4)$$

где b – ширина полосы, м.

Для определения контактного давления p при процессе прокатки в валках-электродах использовалось известное уравнение А. И. Целикова [3]:

$$p = \frac{1}{\Delta h} \cdot \left\{ \sigma_s \cdot \frac{H}{\delta - 2} \cdot \left[\left(\frac{H}{h_n} \right)^{\delta - 2} - 1 \right] + \sigma_s \cdot \frac{h}{\delta + 2} \cdot \left[\left(\frac{h_n}{h} \right)^{\delta + 2} - 1 \right] \right\}; \quad \delta = \frac{2 \cdot \mu \cdot l_3}{\Delta h}, \quad (5)$$

где μ – коэффициент трения; l_3 – длина дуги захвата без учета упругой деформации валков и полосы, м; Δh – абсолютное обжатие, м; σ_s – сопротивление пластической горячей деформации порошка, Па; h_n – высота нейтрального сечения полосы, м.

Величины l_3 , Δh , h_n , σ_s определяются по формулам:

$$l_3 = \sqrt{R \cdot \Delta h}; \quad \Delta h = H - h; \quad h_n = \sqrt[2\delta]{H^{\delta - 1} \cdot h^{\delta + 1}}; \quad \sigma_s = \sigma_{o.d.} \cdot k_t \cdot k_\varepsilon \cdot k_u, \quad (6)$$

где R – радиус валков-электродов, м; $\sigma_{o.d.}$ – базовое значение σ_s при стандартных режимах испытаний при горячей деформации, МПа; k_t, k_ε, k_u – термомеханические коэффициенты, зависящие от температуры, степени и скорости деформации.

Плотность пористого проката λ :

$$\lambda = \frac{\lambda_{нас} \cdot (1 - \varepsilon_2)}{1 - \varepsilon_1}, \quad (7)$$

где $\lambda_{нас}$ – насыпная плотность материала, кг/м³; ε_1 – относительная степень деформации материала при предварительной прокатке; ε_2 – относительная степень деформации материала при электроконтактном воздействии.

После подстановки значений из формул (2)–(7) в (1) получаем трансцендентное уравнение, которое решается относительно величины T_k с помощью ЭВМ. Адекватность трансцендентного уравнения доказана сравнением расчетных и фактических значений T_k .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способ получения покрытия из антифрикционного металлофторопластового порошкового материала: пат. РБ 8498 / Ю. Л. Бобарикин, А. Н. Швецов, С. В. Шишков. – Оpubл. 2010.
2. **Кочергин, К. А.** Контактная сварка / К. А. Кочергин. – Ленинград: Машиностроение, 1987. – 240 с.
3. Теория прокатки: справочник / А. И. Целиков [и др.]. – Москва: Металлургия, 1980. – 320 с.

УДК 621.74.047.001.57
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕНОСА ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ
НЕПРЕРЫВНО-ЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ ИЗ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

А. М. БРАНОВИЦКИЙ, Ю. А. ЛЕБЕДИНСКИЙ, В. А. ДЕМЕНТЬЕВ
Институт технологии металлов НАН Беларуси
Могилев, Беларусь

Для оценки температурного поля в непрерывно-литой заготовке требуется определение коэффициентов теплоотдачи в кристаллизаторе и во всех секциях вторичного охлаждения. Они определялись на основе последовательного алгоритма, созданного для определения коэффициентов и температурного поля методом деления отрезка пополам. В качестве реперных температурных данных использованы данные расчетной программы, поставленной вместе с оборудованием фирмой Danieli. Вне зоны вторичного охлаждения использованы коэффициенты теплопередачи за счет охлаждения излучением и естественной конвекции. Для расчета использованы данные о линии охлаждения БМЗ для заготовки из стали 80К (0,807 % С, 0,2051 % Si, 0,5177 % Mn) и размером сечения 250×300 мм.

Интенсивности вторичного охлаждения были подобраны таким образом, чтобы обеспечить относительное постоянство температуры поверхности заготовки при ее движении в этой зоне. Это позволяет уменьшить плотность горячих трещин в этой зоне. За пределами зоны вторичного охлаждения использована оценка коэффициента теплопередачи за счет излучения с усреднённым коэффициентом излучательной способности 0,7.

Теплофизические параметры теплопереноса взяты из различных источников, связанных с оценкой теплопереноса для случая охлаждения непрерывнолитых заготовок со скоростью, характерной для охлаждения на линиях непрерывного литья. Для оценки теплопроводности стали приняты значения 39,3 и 25 Вт/(м·К) соответственно для жидкой и твердой фаз. Для оценки влияния конвекции в жидкой фазе на теплоперенос было принято условие умножения теплопроводности на коэффициент 6,5 [1]. В двухфазной зоне теплопроводность вычислялась на основе линейной интерполяции между твердой и жидкой фазами на основе доли фаз в элементарном объеме [1]. Тепловыделение при затвердевании аппроксимировано увеличением теплоемкости, одинаковым в интервале между liquidus и solidus температурами. Данный подход часто используется в случае невозможности достаточно точного определения зависимости тепловыделения в двухфазной зоне от температуры. Электромагнитное перемешивание в кристаллизаторе учитывалось дополнительным увеличением теплопроводности в жидкой фазе внутри кристаллизатора.

Расчет производился с учетом теплопереноса только в сечении заготовки, перпендикулярном направлению её вытяжки: размер элементарного объема – 2×2 мм, шаг по времени – 0,2 с. Ввиду большой теплопередачи за счет конвекции распределение температуры в жидкой внутренней области заготовки близко к равномерному, особенно в зоне электромагнитного перемешивания (рис. 1). Толщина твердой корки в данной зоне заготовки растет практически линейно с расстоянием (рис. 2). Размер двухфазной зоны составляет примерно 120 мм в середине первой зоны вторичного охлаждения и полностью занимает внутренний объем заготовки уже в середине второй зоны.

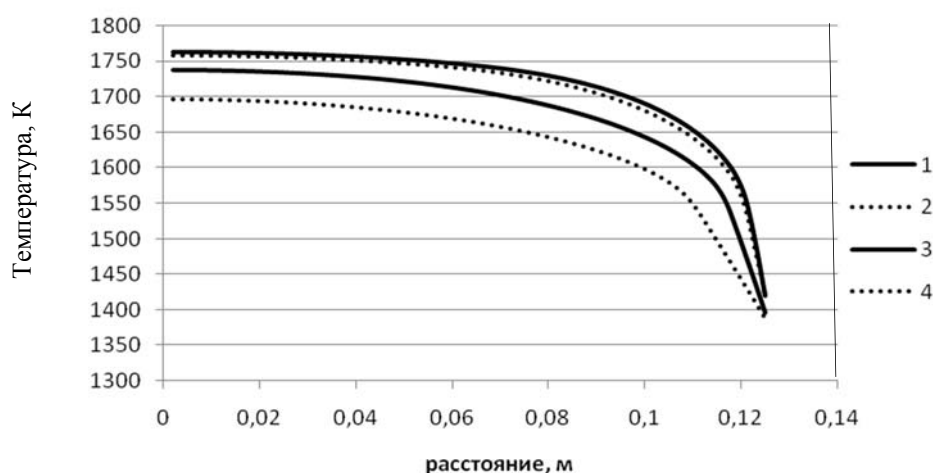


Рис. 1. Распределение температуры от центра заготовки к центру грани шириной 300 мм в ряде сечений: 1 – на выходе из кристаллизатора; 2–4 – в середине первой, второй и третьей зон вторичного охлаждения

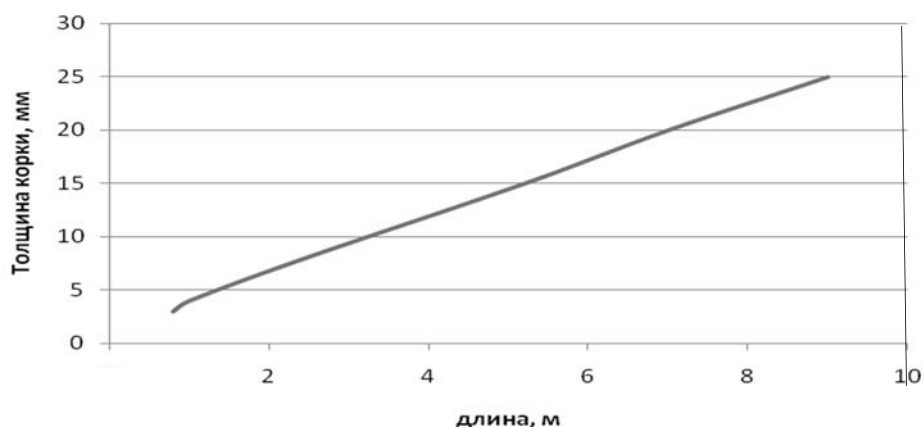


Рис. 2. Зависимость толщины корки от длины заготовки

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Li, C. Thermomechanical Finite-Element Model of Shell Behavior in Continuous Casting of Steel / C. Li, B. R. Thomas // Metallurgical and material transactions. – 2004. – Vol. 35B. – P. 1151–1172.

ГАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ $\text{WO}_3\text{--In}_2\text{O}_3$ И $\text{WO}_3\text{--Co}_3\text{O}_4$

Ю. С. ГАЙДУК, А. А. САВИЦКИЙ

Белорусский государственный университет
Минск, Беларусь

Создание оксидных композиций является одним из способов совершенствования газовых сенсоров на основе SnO_2 , In_2O_3 , WO_3 и других оксидов. Ранее исследовалась структура и морфология композиций $\text{WO}_3\text{--In}_2\text{O}_3$, $\text{WO}_3\text{--Co}_3\text{O}_4$, обнаружено увеличение их сопротивления при воздействии газов окислительной (NO_2) и восстановительной (CO) природы [1, 2].

Сенсорный отклик S , %, определяли по формуле $S = R_{rg}/R_a \cdot 100\%$ (где R_a и R_{rg} – сопротивление образца на воздухе и в газовой смеси, содержащей C_3H_8 и H_2), и по формуле $S = R_{rg}/R_a \cdot 100\%$ при воздействии газовой смеси, содержащей NO_2 .

На рис. 1 представлен сенсорный отклик образцов в виде газопористых таблеток в зависимости от состава композиции (время подачи газа 10 мин) и температуры.

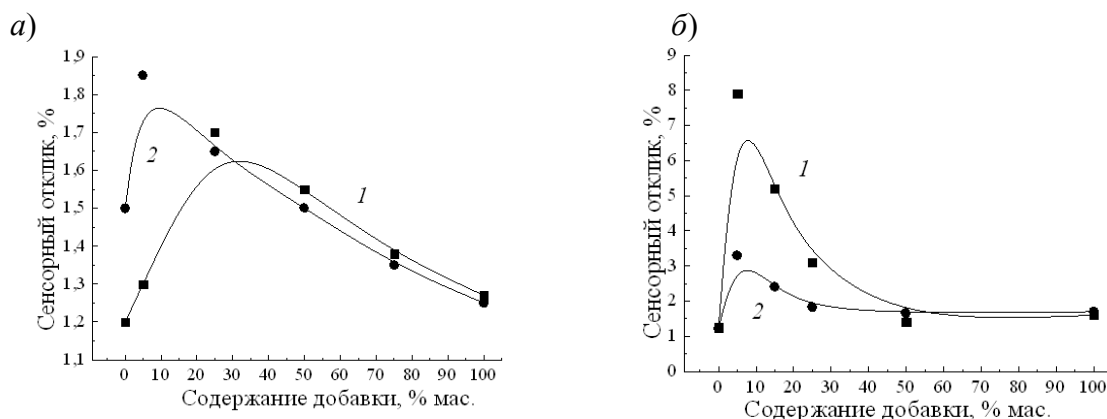


Рис. 1. Сенсорный отклик образцов в зависимости от состава композиции (время подачи газа 10 мин) и температуры: а – $\text{CO}/\text{воздух}$, 3000 ppm, 242 °C: 1 – $\text{WO}_3\text{--In}_2\text{O}_3$; 2 – $\text{WO}_3\text{--Co}_3\text{O}_4$

Определены условия синтеза композиционных материалов на основе WO_3 , модифицированного добавками In_2O_3 и Co_3O_4 . В интервале 200...800 °C (2 ч) формируется гетерогенный двухфазный материал, состоящий из моноклинной фазы WO_3 и кубической фазы In_2O_3 , а в интервале 800...850 °C происходит синтез соединения $\text{In}_2(\text{WO}_4)_3$. При термической обработке композиции $\text{WO}_3\text{--Co}_3\text{O}_4$ в интервале 200...600 °C (2 ч) формируется материал, состоящий из моноклинной фазы WO_3 и кубической

фазы Co_3O_4 , а в интервале температур 600...650 °С происходит синтез соединения WCoO_4 .

В системе $\text{WO}_3\text{--In}_2\text{O}_3$ наиболее высокая чувствительность к СО наблюдается при содержании In_2O_3 25,0 % мас., к NO_2 – при содержании добавки 5,0...15,0 % мас. В системе $\text{WO}_3\text{--Co}_3\text{O}_4$ наиболее высокая чувствительность к СО наблюдается при содержании Co_3O_4 5,0...15,0 % мас. Увеличение чувствительности и снижение рабочей температуры происходит за счёт структурного разупорядочения и увеличения удельной поверхности композиций по сравнению с исходными оксидами, а в случае $\text{WO}_3\text{--Co}_3\text{O}_4$ также за счёт формирования $p\text{--}n$ -переходов (рис. 2).

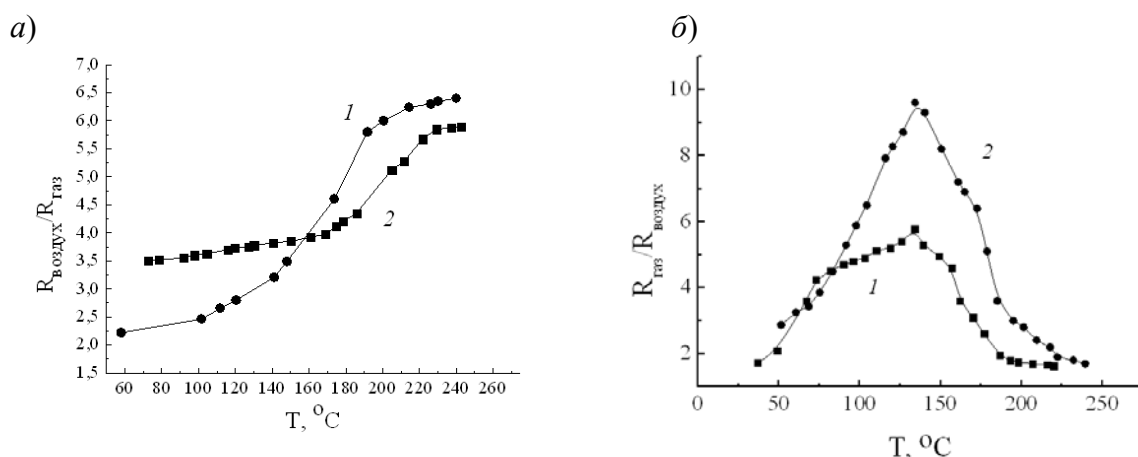


Рис. 2. Электрическое сопротивление образцов в газовой среде (режим охлаждения): а – 1 – $\text{WO}_3\text{--Co}_3\text{O}_4$, 50 % мас. Co_3O_4 ; 2 – $\text{WO}_3\text{--In}_2\text{O}_3$, 25 % мас. In_2O_3 ; б – 1,1 ppm NO_2 /воздух: 1 – $\text{WO}_3\text{--Co}_3\text{O}_4$, 50 % мас. Co_3O_4 ; 2 – $\text{WO}_3\text{--In}_2\text{O}_3$, 25 % мас. In_2O_3

Изготовлены маломощные сенсоры NO_2 (порог обнаружения $\ll 1$ ppm в газовой смеси) [2, 3]. Сенсоры $\text{WO}_3 + 3$ % мас. In_2O_3 (Si-подложки) обладали потребляемой мощностью менее 30 мВт при токе нагрева 51 мА, а сенсоры $\text{WO}_3 + 5$ % мас. Co_3O_4 (Al_2O_3 -подложки) имели мощность 85 мВт при токе нагрева 31 мА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полупроводниковые газовые датчики на основе композиции оксида вольфрама и оксида индия / Ю. С. Гайдук, А. А. Савицкий, О. Г. Реутская, И. А. Таратын // Нано- и микросистемная техника. – 2018. – № 4. – С. 232–242.
2. Гайдук, Ю. С. Физико-химические свойства оксидной композиции $\text{WO}_3\text{--Co}_3\text{O}_4$, полученной золь-гель методом / Ю. С. Гайдук, В. А. Ломоносов, А. А. Савицкий // Изв. НАН Беларуси. Сер. хим. наук. – 2015. – № 2. – С. 9–13.

УДК 621.365.5

КРАЕВОЙ ЭФФЕКТ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА В ЗАЗОРЕ МАГНИТОПРОВОДА

Ю. Н. ГРИЩЕНКО, В. Л. ЛАНИН, Е. С. РАТНИКОВ

Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

При индукционном нагреве в зазоре магнитопровода наблюдается «краевой эффект». Под ним понимается искажение электромагнитного поля и распределения источников теплоты в зоне концов нагреваемого тела (краевой эффект детали) или обмотки (краевой эффект индуктора). Сюда же относится искажение поля в зоне резкого изменения свойств нагреваемого тела, например на стыке ферромагнитной и немагнитной заготовок. Краевые эффекты индуктора и детали во многом определяют качество нагрева и энергетические характеристики устройств индукционного нагрева.

Моделирование распределения плотности вихревых токов в детали проводилось в пакете ANSYS Electromagnetics Suite 19.2. Для моделирования построена геометрическая модель устройства индукционного нагрева на магнитопроводе (рис. 1).

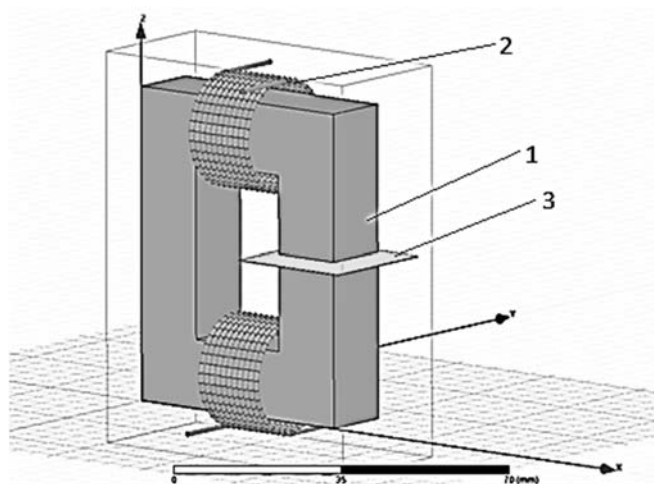


Рис. 1. Устройство локального индукционного нагрева: 1 – магнитопровод; 2 – обмотка; 3 – деталь

Моделирование процесса индукционного нагрева показало наличие неравномерности распределения вихревых токов в металлической детали (рис. 2). Максимальная по модулю плотность токов (до $5,6 \cdot 10^9$ А/м²) была отмечена по краям детали, а минимальная ($8,6 \cdot 10^6$ А/м²) – в центре зазора магнитопровода. На рис. 3 показана зависимость плотности вихревого тока в детали по ее ширине на частоте 66 кГц.

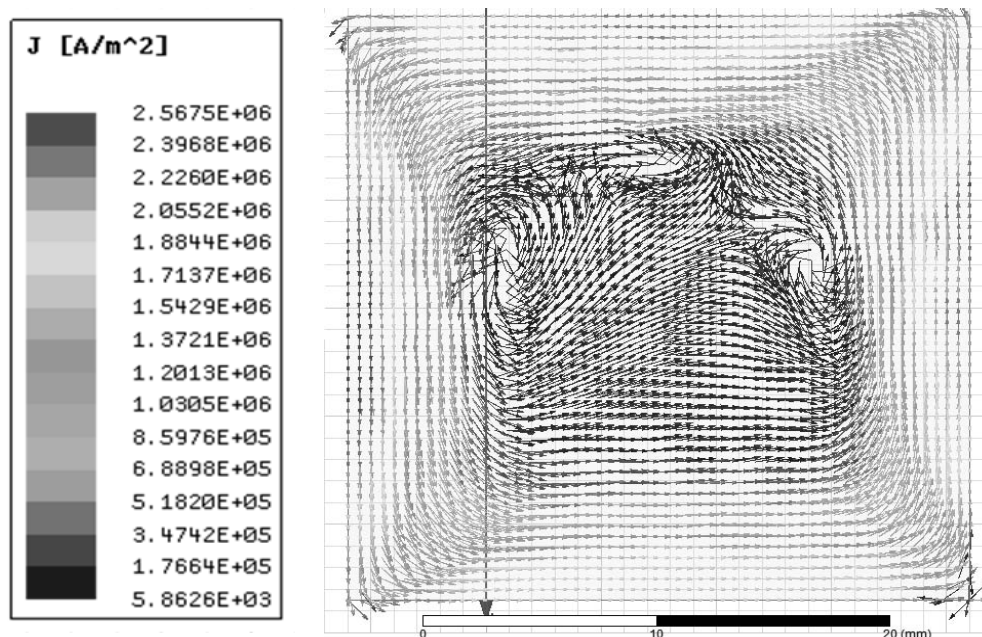


Рис. 2. Распределение плотности вихревых токов в детали

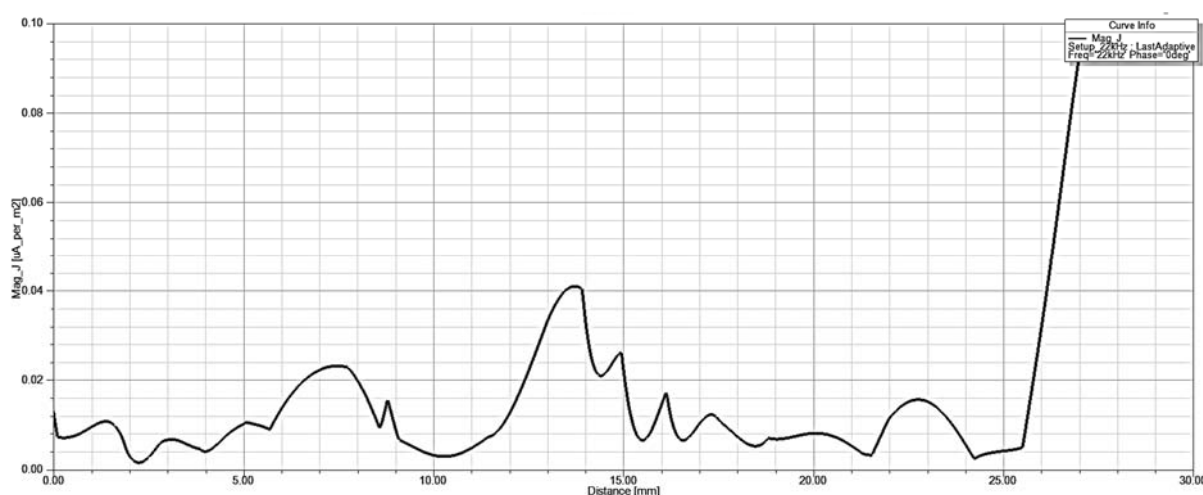


Рис. 3. Распределение плотности тока в детали на частоте 66 кГц

Экспериментально измерение напряженности магнитного поля проводилось рамкой из медного провода диаметром 0,8 мм, помещенной в воздушный зазор магнитопровода и подключенной к электронному вольтметру. В измерительной рамке наводилась ЭДС, которая затем пересчитывалась в напряженность поля. При частоте нагрева 66 кГц напряженность магнитного поля составила $4,5 \cdot 10^5$ А/м², а неоднородность поля – 1,3 относительно центра детали.

Учёт краевого эффекта индукционного нагрева позволяет более точно определить температурный профиль нагрева деталей в зазоре магнитопровода и тем самым обеспечить равномерность нагрева в процессах пайки или термообработки.

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЧУГУНА НА ТВЕРДОСТЬ
ЗАГОТОВОК, ПОЛУЧЕННЫХ НАПРАВЛЕННЫМ ЗАТВЕРДЕВАНИЕМ

В. П. ГРУША, В. Ф. БЕВЗА, Н. А. КОЗЛОВА
Институт технологии металлов НАН Беларуси
Могилев, Беларусь

Известно, что использование принципа направленного затвердевания металла определяет получение, практически, бездефектных заготовок с плотной мелкодисперсной структурой, высокими физико-механическими свойствами и ресурсом работы деталей [1]. Этот принцип используется для получения заготовок из различных типов чугуна.

Целью настоящей работы является исследование влияния химического состава чугуна на структуру и твердость полых цилиндрических толсто-стенных заготовок из высокопрочного чугуна, получаемых методом направленного затвердевания.

Исследования проводили на низколегированном чугуне с шаровидным графитом (ВЧ50). Такие чугуны должны иметь дисперсную перлитную или сорбитную структуру с мелким равномерно расположенным графитом и твердость в литом состоянии в диапазоне 153...245 НВ (ГОСТ 7293–85). Однако, на практике часто возникает потребность в деталях из ВЧ с повышенной по сравнению с ГОСТом твердостью, например, 210...290 НВ.

При проведении экспериментальных исследований химический состав чугуна выдерживали в следующих пределах: $C = 2,4...3,2 \%$; $Si = 2,1...3,0 \%$; $Mn = 0,5...0,7 \%$; $Mg = 0,03...0,05 \%$; $P \leq 0,1 \%$; $S \leq 0,05 \%$; (Cr, Ni, Cu) – в десятых долях процента; (Ti, Mo, V) – в сотых долях процента. Исследование влияния химического состава на твердость отливок проводили на основе анализа взаимосвязи комплексного обобщенного коэффициента легирования C_k [2] с твердостью чугуна в литом состоянии:

$$C_k = 0,125Ni + 0,075Cu - (0,068Mn + 0,137Mo + 0,287Cr + 0,37V).$$

Учитывали также степень эвтектичности $S_э$, отношение Si/C и условия охлаждения отливок вне формы, т. е. после извлечения из кристаллизатора.

В ходе каждой экспериментальной плавки получили партию из семи отливок диаметром 135 мм с толщиной стенки $\xi = 40...43$ мм высотой 250 мм. В каждой заготовке определили химсостав, структуру, а также твердость по периметру и толщине стенки с обеих сторон.

По твердости отливок, разделили их на четыре группы: **первая группа** – отливки и заготовки с твердостью выше верхнего допустимого предела (> 290 НВ); **вторая группа** – отливки и заготовки с твердостью меньше нижнего допустимого предела (< 210 НВ); **третья группа** – отливки (№ 1

и 2) и все заготовки из них с твердостью выше верхнего допустимого предела; **четвертая группа** – отливки и заготовки с твердостью в заданных пределах.

Структура всех отливок одной плавки, практически, не изменяется по толщине стенки, но зависит от очередности получения в процессе разливки. Металлическая основа всех отливок состоит из перлита на $\sim 85\%$, с равномерно распределенными включениями графита шаровидной формы.

Результаты проведенных исследований показали, что получение толстостенных заготовок ($\xi \approx 40$ мм; $\xi/D \approx 0,3$) из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом можно стабильно осуществить методом направленного затвердевания в непрерывно-циклическом режиме литья.

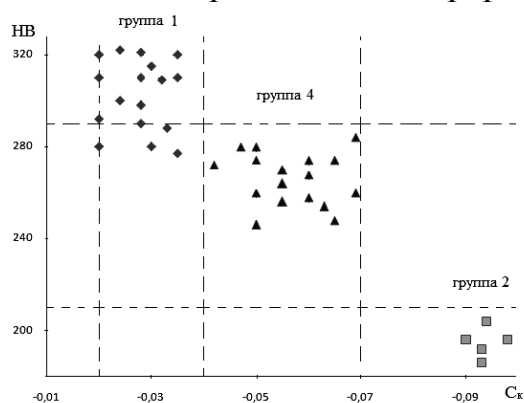


Рис. 1. Влияние обобщенного коэффициента легирования чугуна C_k на твердость отливок из ВЧ

Установлено, что при прочих равных условиях основным параметром, определяющим твердость и структуру отливок из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, получаемых направленным затвердеванием при литье в металлическую водоохлаждаемую форму (кристаллизатор), является обобщенный коэффициент легирования C). Применение чугуна соответствующего по химическому составу C_k в диапазоне $-0,04 \dots -0,07$ обеспечивает получение заданной структуры и твердости отливок (рис. 1). При этом

такие параметры чугуна, как степень эвтектичности S_e , отношение Si/C не имеют жесткого ограничения и могут изменяться в достаточно широких пределах: $S_e = 0,83 \dots 0,93$; $Si/C = 0,9 \dots 1,1$. В результате обеспечивается стабильный технологический процесс литья и стабильное качество отливок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Марукович, Е. И.** Принципиально новый эффективный процесс литья полых цилиндрических заготовок из чугуна методом направленного затвердевания / Е. И. Марукович, В. Ф. Бевза, В. П. Груша // Литье и металлургия. – 2010. – № 3. – С. 21–24.

2. **Бунин, К. П.** Основы металлографии чугуна / К. П. Бунин, Я. Н. Малиночка, Ю. Н. Таран. – Москва: Металлургия, 1969. – 416 с.

УДК 666.638, 666.651-652
ПОЛУЧЕНИЕ ПЛЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ НА МИКРОПОРИСТЫХ
ПОДЛОЖКАХ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

Е. М. ДЯТЛОВА, О. А. СЕРГИЕВИЧ
Белорусский государственный технологический университет

А. А. ШЕВЧЕНОК
Белорусский государственный аграрный технический университет
Минск, Беларусь

Актуальность работы обусловлена разработкой новых керамических сегнетоэлектрических материалов на основе модифицированного феррита висмута и его твердых растворов для нанокompозитов, а также функциональных покрытий на микропористых подложках с использованием различных дисперсионных сред, которые могут быть рекомендованы в качестве материалов для изготовления интегрированных исполнительных элементов приборов и устройств автоматики.

Целями работы являются синтез микро- и нанокристаллических керамических составляющих с заданными сегнето-, пьезо- и магнитными свойствами и формирование функциональных покрытий на их основе для получения интеллектуальных композитов. Объектами исследования являются керамические материалы на основе систем $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{--TiO}_2\text{--R}_x\text{O}_y$ и $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{--Fe}_2\text{O}_3\text{--R}_x\text{O}_y$ с использованием модифицирующих добавок и пленочные покрытия на их основе.

Для заполнения структур с целью формирования функциональных покрытий в работе были предложены и исследованы следующие способы нанесения покрытия на подложках из анодированного Al_2O_3 : нанесение суспензии с приложением магнитного поля и без; нанесение раствора $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ с последующей термообработкой; нанесение раствора $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ с последующей термообработкой; нанесение раствора-прекурсора с последующей термообработкой; нанесение BiFeO_3 и BaTiO_3 импульсным лазерным напылением. В качестве дисперсных фаз для получения пленочных покрытий выбраны синтезированные сегнетоэлектрические материалы на основе модифицированных BaTiO_3 , $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ и BiFeO_3 , полученных методами высокотемпературного спекания и энергоэффективным нитрат-цитратным экзотермическим синтезом.

У синтезированных материалов исследование дисперсности производилось методом лазерной гранулометрии, позволяющим получить количественное распределение частиц по размеру в микро- и нанодисперсном диапазоне. Использованы различные методы диспергации синтезированных частиц. Первичная диспергация позволяет разрушать агрегаты частиц, образовавшиеся в процессе синтеза, смещая интервал распределения частиц с 30...250 мкм до 0,1...15 мкм. При последующем растирании в агатовой ступке в течение 1-го и 2-го часов интервал распределения частиц за счет адгезионных сил

увеличивается до 50 и 100 мкм соответственно. При прокаливании образцов, подвергнутых первичной диспергации, доля нанометрового диапазона (100...200 нм) увеличивается на 5 %. Сравнивая гранулометрический состав прокаленных порошков до и после помола в планетарной мельнице в течение 10 и 15 мин, можно отметить, что 50 % объема порошка составляют частицы с размерами: ≤ 35 мкм (без помола), ≤ 10 мкм (10 мин), $\leq 5,5$ мкм (15 мин). При помоле в течение 10 мин доля частиц нанометрового диапазона близка к образцу, не подвергавшемуся помолу, а при 15 мин – значительно выше.

Увеличение длительности помола вызывает агрегацию частиц BiFeO_3 , независимо от метода синтеза. При использовании нитрат-цитратного метода синтеза по сравнению с традиционным спеканием получают более тонкодисперсные фракции феррита висмута до наноразмерных частиц, поэтому его можно использовать для заполнения пористых структур с порами, превышающими размер частиц. Феррит висмута высокотемпературного спекания после помола в течение оптимального времени (20 мин) имеет средний размер частиц около 5...6 мкм и его можно рекомендовать для получения пленочных поверхностных покрытий.

Нанопористая подложка из анодированного Al_2O_3 имеет диаметр менее 300 нм с шагом 350 нм. Опробованы следующие дисперсионные среды: вода, этанол и ацетон, значительно отличающиеся показателем поверхностного натяжения. Получение пленочных покрытий методом магнетронного распыления на установке КАТОД-1 не позволяет обеспечить качественного введения керамических сегнетоэлектриков в пористые структуры; и эта технология может быть реализована для получения поверхностных пленок или для заполнения подложек с более крупными порами. Импульсное лазерное напыление феррита висмута на подложку анодированного алюминия обеспечивает формирование поверхностного слоя толщиной около 2 мкм, а также на некоторых участках происходит незначительное заполнение объема пористой структуры. Следует отметить, что образовавшаяся пленка из феррита висмута имеет волнообразное строение с шагом волны около 150...200 нм. Одной из причин недостаточного заполнения поровой структуры может быть поверхностное натяжение водной среды. Поэтому были опробованы другие дисперсионные среды, обладающие более низкими показателями поверхностного натяжения и вязкости: ацетон и этанол.

Более равномерное и качественное покрытие на поверхности подложки наблюдалось при использовании этанола, по сравнению с ацетоном, т. к. он имеет большую вязкость. При использовании в качестве дисперсионной среды ацетона керамические суспензии агрегативно неустойчивы, плохо наносятся на поверхность, поэтому дальнейшие исследования с ними не проводились.

Установлено, что устойчивое формирование покрытий достигнуто при использовании нанодисперсного феррита висмута и этаноловой дисперсионной фазы. Разработанные материалы образуют качественные поверхностные пленочные покрытия, которые можно использовать для получения чувствительных слоев различных компонентов электронной техники.

УДК 621.039.6

СЕЛЕКТИВНОЕ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЕ ТРАВЛЕНИЕ НИТРИДА КРЕМНИЯ К ДИОКСИДУ КРЕМНИЯ

В. В. ЕМЕЛЬЯНОВ, С. В. БОРДУСОВ

Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

В настоящее время с развитием нанотехнологий плазмохимическое травление остается практически единственным инструментом для переноса рисунка интегральной схемы в маскирующем слое в материал подложки благодаря тому, что точность переноса рисунка соизмерима с размером ионов травящих газов. Однако требования к плазменной технологии: допустимые дефекты, селективность (избирательность к материалу), управление шириной линии, однородность травления – становятся все более жесткими и, как следствие, более сложными в реализации.

Процесс травления нитрида кремния при создании технологического слоя указан на рис. 1.

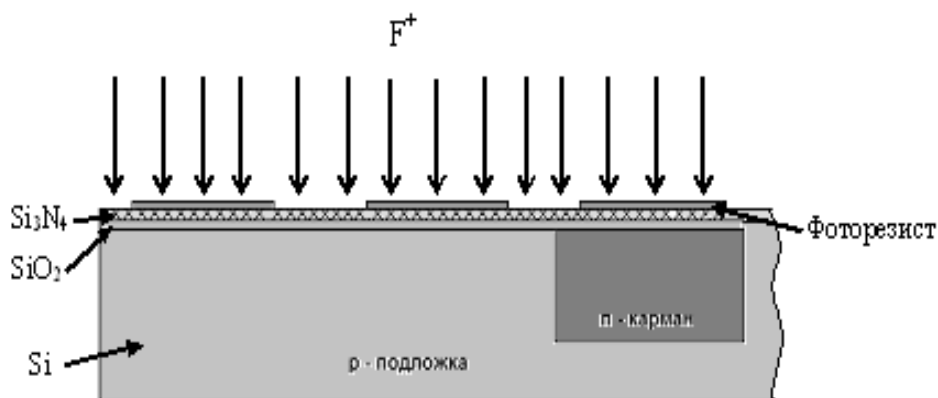


Рис. 1. Плазмохимическое травление нитрида кремния

Процесс травления функционального слоя (ФС) сильно зависит от состава подслоя, т. к. при травлении ФС может быть затрав в подслой, в большинстве случаев это пристеночный затрав. Поэтому так необходимо повышать селективность травления ФС к подслою без существенных потерь в скорости травления ФС.

Селективности травления ФС относительно подслоя (П):

$$S_{\text{ФС-П}} = v_{\text{трФС}}/v_{\text{трП}}.$$

Для повышения селективности было проведено несколько экспериментов по изменению мощности ВЧ генератора (рис. 2) и состава рабочих газов (рис. 3).

Понижение мощности ВЧ генератора привело к увеличению селективности травления нитрида кремния к двуокиси кремния, а также к снижению скорости травления в 2 раза.

Использование смеси элгаса и кислорода в соотношении 120:4 см³/мин позволяет уменьшить неравномерность травления нитрида кремния в связи с уменьшением скорости травления двуокиси кремния.

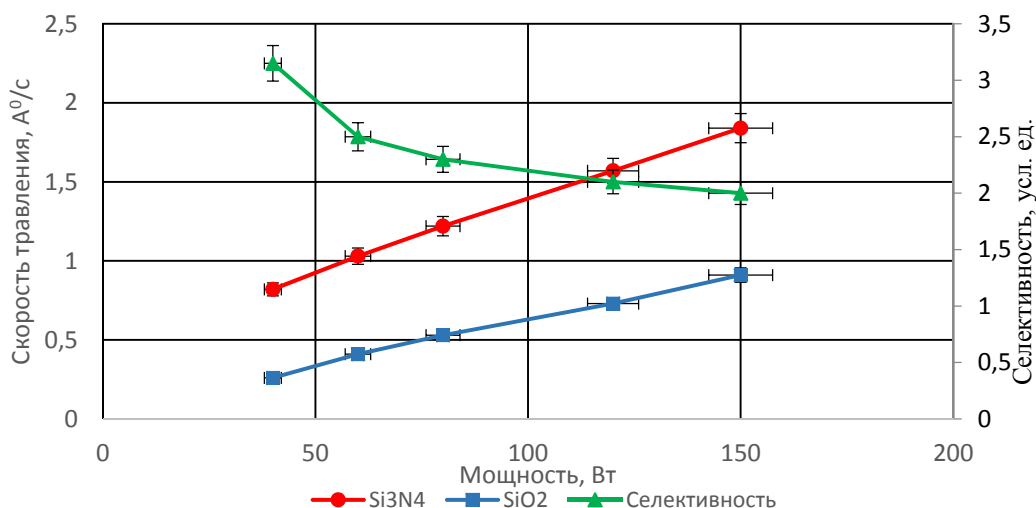


Рис. 2. Зависимости скорости травления от мощности ВЧ генератора

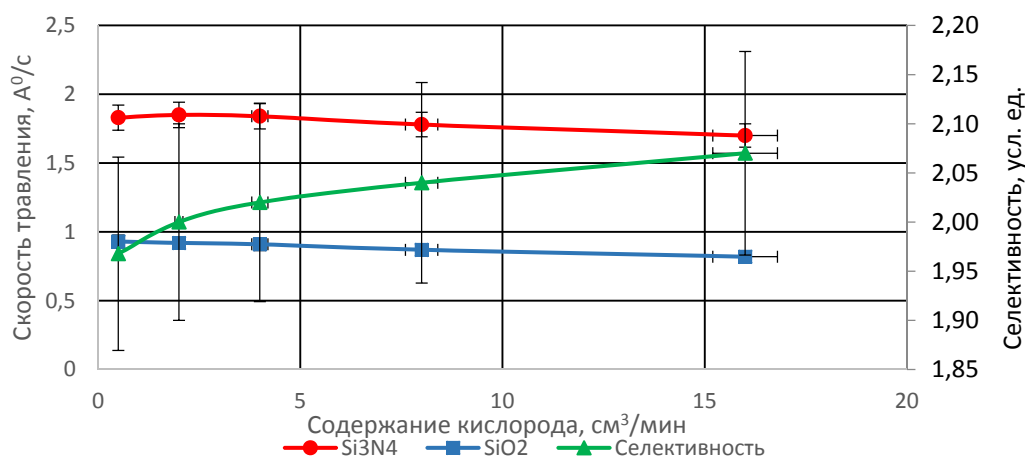


Рис. 3. Зависимости скорости травления от содержания кислорода в смеси рабочих газов

В итоге, при мощности ВЧ генератора 60 Вт, давлении 8 Па и смеси элгаса и кислорода в соотношении 120:4 см³/мин селективность повышается на одну условную единицу, скорость травления нитрида кремния снижается в 2 раза, при этом равномерность достигает 92...93 %.

УДК 666.797.2

УЛЬТРАДИСПЕРСНЫЙ ПОРОШОК КАРБИДА КРЕМНИЯ ИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТХОДОВ

Е. В. КАРПИНЧИК, Л. И. ЮЖИК, В. Е. АГАБЕКОВ

Институт химии новых материалов НАН Беларуси
Минск, Беларусь

В. Ф. БЕВЗА

Институт технологии металлов НАН Беларуси
Могилев, Беларусь

Кремний в виде его сплава с железом – ферросилиция – является одним из наиболее дорогостоящих компонентов, необходимых для металлургического производства в качестве легирующей и раскисляющей добавки, непосредственно влияющей на потребительские свойства выплавляемой стали – жаростойкость, упругость, коррозионную устойчивость [1].

Карбид кремния (КК) можно рассматривать как альтернативу ферросилиции в связи с тем, что в его составе помимо легирующего компонента (Si) присутствует раскислитель (углерод) и он может служить полноценной заменой алюминию, используемому в этом качестве в сталеплавильном цикле. Преимущество КК перед известными модификаторами состоит ещё в том, что при его использовании снижаются тепловые потери плавки, благодаря чему улучшаются её экономические показатели.

Еще более значимый экономический эффект от замены ферросилиции на КК может быть достигнут при использовании его производственных отходов, образующихся в электронной промышленности, где он используется в качестве режущего тела при распиловке монокристаллов кремния на пластины. Распиловку осуществляют стальной проволокой с подачей в зону распила суспензии КК, которая приготавливается из его ультрадисперсного порошка (УДП) с полиэтиленгликолем (ПЭГ) или минеральным маслом в равновеликом массовом соотношении. В процессе резки абразивные свойства КК теряются, а суспензия подлежит замене, образуя отходы, не нашедшие до настоящего времени достойного применения.

Поскольку жидкая фаза этих отходов стабилизирует суспензию, она не поддается разделению на компоненты традиционными методами центрифугирования или фильтрации. Для эффективного их использования необходимо снизить ее седиментационную устойчивость.

Ранее нами было показано [2], что оптимальный результат по разделению отходов суспензии КК, приготовленной на ПЭГ, достигается путём разбавления ее водой в соотношениях 1:(1–3). Естественно, этот

растворитель не может быть применен для разделения суспензии КК, приготовленной на масляной основе. Однако, по аналогии с ранее разработанным способом [3], в данном случае целесообразно применить разбавление углеводородным растворителем.

В качестве разбавителя использовали петролейный эфир (ПЭ). Его выбор обусловлен хорошей совместимостью с жидкой фазой масляной суспензии, а низкая температура кипения (36...38 °С) позволяет с низкими тепловыми затратами производить дистилляционную его регенерацию для повторного использования.

Для ускоренной седиментации КК в масляной суспензии достаточно разбавить ее ПЭ в соотношениях 1:(1–2).

Разбавление суспензии ПЭ в таком соотношении позволяет не только ускорить её отстаивание, но, после слива осветлённой части, на 50...70 % уменьшить объём, подлежащий обработке на центрифуге.

Разработаны лабораторный технологический регламент и технологическая схема регенерации КК из масляной суспензии, включающая разбавление ее ПЭ, отстаивание, декантацию жидкой фазы, центрифугирование осадка, отделение КК, его сушку, дистилляцию и рекуперацию паров растворителя и возврат его для повторного использования.

Изготовлена опытная партия регенерированного КК, который передан ИТМ НАН Беларуси для выяснения возможности его использования в металлургических процессах. Показано, что УДП КК может служить модификатором серого чугуна.

Работа выполнена в рамках ГПНИ «Механика, техническая диагностика, металлургия», задание 2.1.06 «Механика, металлообработка, диагностика в машиностроении».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кудрин, В. А.** Технология получения качественной стали / В. А. Кудрин, В. Парма. – Москва: Металлургия, 1984. – 320 с.
2. Отработанная суспензия карбида кремния в качестве сырья для получения товарных продуктов / Е. В. Карпинчик [и др.] // Альтернативные источники сырья и топлива 2017 (АИСТ 2017): материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 30 мая 2017 г. – Минск, 2017. – С. 31.
3. Способ переработки отходов суспензии карбида кремния: заявка РБ № а20160292 / Е. В. Карпинчик, В. Е. Агабеков, Л. И. Южик. – Опубл. 01.08.2016.

УДК 621.373.826
ЛАЗЕРНАЯ РАЗМЕРНАЯ ОБРАБОТКА КРЕМНИЕВЫХ ПОДЛОЖЕК
3D ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

В. Л. ЛАНИН, А. П. ПЕРВЕНЕЦКИЙ, А. И. ЛАППО
Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Современная электроника интенсивно осваивает производство 3D электронных модулей, способных интегрировать несколько кристаллов на основе различных технологий в многоуровневый корпус. Конструкции 3D-модулей на кремниевой подложке обеспечивают электрические межсоединения микросхем с наружными выводами, а также теплоотвод и защиту от окружающей среды [1]. Одним из перспективных направлений производства 3D-модулей является технология TSV (Through Silicon Vias – сквозные отверстия в кремнии). Создать отверстия необходимого диаметра с соответствующим уровнем качества методами сверления или травления крайне затруднительно при малом диаметре отверстия (0,1...0,3 мм).

Лазерная обработка подложки – один из перспективных методов создания отверстий в неметаллических материалах. При воздействии лазерного излучения на подложку происходит образование отверстия за счет плавления и испарения материала. Основным методом прошивки отверстий является многоимпульсная обработка, при которой отверстие растет в глубину постепенно за счет послойного испарения материала каждым импульсом. При воздействии лазерного излучения на поверхность материала сначала происходит испарение и ионизация поверхностных примесей и загрязнений. Далее излучение поглощается основным материалом, материал плавится, испаряется, а пары ионизируются.

Микрообработка материалов предъявляет требования к таким параметрам источника излучения, как длина волны λ , угловая расходимость θ и длительность импульса. Зона воздействия, определяемая минимальными размерами лазерного пучка d в фокусе объектива, связана с длиной волны излучения соотношением

$$d = 1,22 \lambda (f/D) M^2, \quad (1)$$

где f – фокусное расстояние объектива; D – диаметр несфокусированного лазерного пучка; M^2 – коэффициент, характеризующий отличие реального лазерного пучка от идеального гауссова пучка, имеющего минимальную дифракционную расходимость,

$$M^2 \sim D \cdot \theta. \quad (2)$$

Таким образом, чем короче длина волны и меньше угловая расходимость, тем больше возможностей сфокусировать излучение и обеспечить минимально возможный размер зоны воздействия. Для более длинных импульсов величина зоны термического влияния равна

$$\delta = 2(a\tau_u)^{1/2}, \quad (3)$$

где a – коэффициент температуропроводности, зависящий от теплофизических свойств материала.

Пикосекундные лазеры с их короткими тепловыми глубинами проникновения в материал подложки и высокими частотами следования импульсов могут обеспечить высокую производительность обработки и значительно уменьшают пагубные влияния от высокой тепловой нагрузки и больших температурных градиентов в материале. Преимуществами обработки ультракороткими импульсами лазерного излучения являются отсутствие значительной зоны термического влияния, ударной волны, микротрещин, оплавленных зон и выплесков, теплового повреждения поверхностных слоев материала [2].

Для лазерной прошивки отверстий в кремниевой подложке использовалась Nd:YAG-лазерная установка LS 2151 компании LOTIS ТП с длинами волн 1,06 мкм и 532 нм. Обработка отверстий проводилась при диаметре пятна излучения $d_{mi} = 0,1$ мм, длительности импульсов 100 пс и частоте импульсов 15 Гц. Получена экспериментальная зависимость длительности обработки от энергии и длины волны лазерного излучения (рис. 1, а).

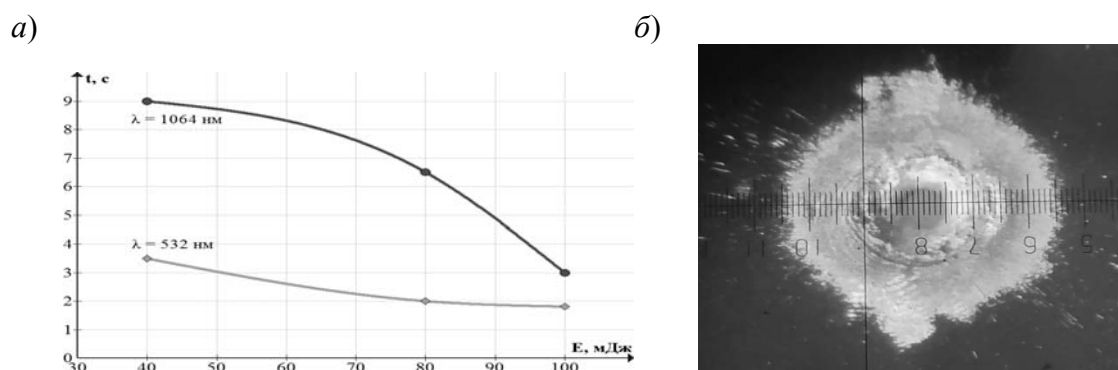


Рис. 1. Зависимости времени прошивки отверстия от энергии и длины волны лазерного излучения (а), внешний вид отверстия (б)

Анализ зависимости показывает, что применение пикосекундного лазера с длиной волны 532 нм более эффективно, поскольку сокращается почти в 2 раза время обработки, улучшается качество формируемого отверстия в кремниевой подложке, зона термического влияния (рис. 1, б) уменьшается на 30...40 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ваньков, В.** 3D-модули на основе кремниевых коммутационных плат / В. Ваньков, Н. Комков // Электроника. Наука. Технология. Бизнес. – 2017. – № 10 (00171). – С. 98–100.
2. **Вакс, Е. Д.** Практика прецизионной лазерной обработки / Е. Д. Вакс, М. Н. Миленький, Л. Г. Сапрыкин. – Москва: Техносфера, 2013. – 696 с.

УДК 621.762

ПРИМЕНЕНИЕ TiH_2 ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗБЫТОЧНЫХ ОКСИДОВ МЕДИ В МОДИФИЦИРУЮЩИХ ЛИГАТУРАХ

Ф. Г. ЛОВШЕНКО, И. А. ЛОЗИКОВ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Одним из недостатков наноструктурных модифицирующих лигатур, получаемых методом реакционного механического легирования, является повышенное содержание в их составе кислорода, что обусловлено применением при их производстве в качестве основы порошка меди ПМС-1. Согласно ГОСТ 4960–2009 *Порошок медный электролитический* содержание кислорода в нем составляет 0,3 %, а при длительном хранении эта цифра увеличивается. При введении лигатуры в расплав меди кислород вступает во взаимодействие с легирующими элементами, вызывая их окисление и переход в шлак. Особенно это характерно при плавке хромовых и хромоциркониевых бронз, т. к. хром и цирконий обладают значительно большим сродством к кислороду, чем медная основа.

Частично данную проблему можно решить проведением дегазирующе-восстановительного отжига холоднопрессованных брикетов лигатуры в среде водорода. Но при этом восстанавливаются только кислородосодержащие соединения, находящиеся на поверхности гранул, в то время как области, находящиеся во внутреннем сечении, имеющие плотность, близкую к 100 %, в восстановительных процессах не участвуют.

Одним из вариантов снижения содержания кислорода в лигатуре может быть использование при ее производстве геттеров, играющих роль восстановителей избыточных оксидов меди и вводимые на стадии механического сплавления [1].

Целью данной работы являлось исследование возможности использования в качестве геттера порошка гидрида титана TiH_2 и его влияние на химический состав и физико-механические свойства выплавляемых модифицированных хромовых бронз.

В качестве исходных компонентов для получения лигатуры применялись порошки меди ПМС-1, хрома ПХ-1С и гидрида титана TiH_2 . Для замедления процесса грануляции и получения гранул оптимального размера в качестве ПАВ использовался изопропиловый спирт. Процесс механического легирования проводился без применения защитных атмосфер.

Реакционное механическое легирование проводилось по ранее разработанной методике в лабораторном механореакторе – вибромельнице гирационного типа с водоохлаждаемыми помольными камерами объемом 1 дм³.

Брикетиrowание получаемой в механореакторе гранулированной композиции проводилось в стаканах из медной фольги холодным двухсторонним прессованием по упору в стальных пресс-формах до плотности 70...75 % от теоретической. Дегазирующе-восстановительный отжиг проводился в атмосфере водорода при $t = 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ в лабораторной печи СУОЛ 044/12М2У42. Для достижения плотности лигатуры, близкой к 100 %, применяли горячее выдавливание с большими степенями обжатия. Коэффициент обжатия составлял 95 %, что обеспечивало коэффициент вытяжки 20 [2].

Для получения литой бронзы скомпактированная лигатура вводилась в расплавленную медь, нагретую до $\sim 1300\text{ }^{\circ}\text{C}$. Время выдержки для формирования сплава составляло 6 мин. Литье бронзы осуществлялось в водоохлаждаемый стальной кокиль.

Результаты химического состава и физико-механических свойств полученных бронз представлены в табл. 1.

Табл. 1. Состав и физико-механические свойства бронз

Лигатура	Состав бронз, %			Физико-механические свойства бронз			
	Cr	Fe	Ti	σ_B , МПа	НВ, МПа	δ , %	$\rho \cdot 10^{-8}$, Ом·м
Cu + Cr	0,65	0,043	–	410	135	13	2,11
Cu + Cr + TiH ₂	0,70	0,040	0,003	450	145	13	2,11

Анализ полученных результатов показывает перспективность использования порошковых геттеров, и в частности гидроксида титана, для повышения комплекса физико-механических и эксплуатационных свойств модифицированных бронз. Применение TiH₂ приводит к снижению угара хрома, что положительно сказывается на прочностных характеристиках сплава, в то же время содержание Ti настолько незначительно, что его влияние на физические свойства, и в первую очередь на электропроводность, не наблюдается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способ получения дисперсно-упрочненного композиционного материала на основе меди: пат. РФ 2117062 / С. Д. Куимов [и др.]. – Оpubл. 10.08.1998.
2. **Ловшенко, Ф. Г.** Механически легированные субмикрoкристаллические модифицирующие лигатуры для производства хромовых бронз / Ф. Г. Ловшенко, И. А. Лозиков // Металлургия. Машиностроение. – 2018. – № 5. – С. 31–38.

Ф. Г. ЛОВШЕНКО, А. С. ФЕДОСЕНКО

Белорусско-Российский университет

Ю. В. СЕЛИВАНОВА

Могилевский государственный политехнический колледж

Могилев, Беларусь

Аддитивные технологии (АТ) являются одним из современных быстро развивающихся и перспективных способов создания деталей и объектов различного назначения. Они используются для изготовления моделей для аэро- и гидродинамических испытаний, литейных моделей, пресс-форм, инструмента, функциональных моделей, деталей сложной формы и др. В отличие от классических технологий производства, основанных на удалении лишнего материала до предания объекту конечных геометрических форм и размеров, АТ представляют собой процесс послойного наращивания материала, с целью получения готового изделия. Применение данных технологий позволяет сократить длительность процесса изготовления конечной продукции, снизить расходы на ее изготовление (уменьшение материалоемкости, затрат на механическую обработку и т. д.).

Аддитивные технологии обеспечивают возможность получения изделий от миниатюрных прототипов из термопластов до сложнейших деталей из композиционных материалов. При этом важнейшую роль в производстве конечного продукта с заданным комплексом характеристик всегда играет используемый материал.

Наибольшее распространение в области аддитивных технологий в настоящее время получили пластмассы, основную долю которых составляют термопласты. В области АТ используют нейлон, акрилонитрил бутадиен стирол, поликарбонат и многие другие. **Нейлон** (полиамид) обладает высокой прочностью и эластичностью, однако отличается повышенными требованиями к уровню влажности при изготовлении изделия. **Акрилонитрил бутадиен стирол** занимает достойное место среди используемых материалов, благодаря сочетанию высокой прочности, долговечности и низкой стоимости. Детали из акрилонитрил бутадиен стирола получают методом наплавления, послойного склеивания, стереолитографии, фотополимерной печати. Его недостаток – высокая токсичность при расплавлении. **Поликарбонат** отличается низкой плотностью и высокой прочностью на растяжение. Упрочненный углеродом он может использоваться для изготовления деталей, работающих при высоких температурах.

Особое место среди материалов для аддитивных технологий занимают металлы и их сплавы. Чаще всего их используют в виде порошков, хотя находят применение и проволоки.

Зачастую для выращивания детали можно использовать те же материалы, что и для получения упрочняющих слоев при использовании более

традиционных технологий (лазерная или плазменная наплавка, напыление), однако для изготовления детали высокого качества требуются специально разработанные для данной отрасли порошки. При этом основным требованием к ним является небольшое отклонение частиц по размеру.

В настоящее время применяются порошки на основе большинства используемых конструкционных материалов, включая кобальт, никель, титан, вольфрам и сплавы на их основе, драгоценные металлы, нержавеющие стали и др. К традиционно используемым относятся алюминиевые и титановые сплавы, высоколегированные стали.

Алюминий отличается низкой плотностью и относительно невысокой температурой плавления, достаточно высокой прочностью. Его сплавы используются для печати деталей в аэрокосмической отрасли, при изготовлении деталей спортивных автомобилей и т. д. Порошки на основе алюминия позволяют изготавливать детали сложной формы с толщиной стенок от 50 мкм и, в тоже время, отличаются низкой стоимостью. В области АТ широко используются сплавы AlSi10Mg, AlSi12.

Титан и его сплавы находят наибольшее применение в данной отрасли. Основными областями использования традиционно являются аэрокосмическая отрасль и медицина, в которых зачастую он остается практически незаменимым. Основным недостатком данных сплавов является их высокая стоимость. В этом отношении применение аддитивных технологий может существенно сократить расходы на изготовление деталей сложной формы. В настоящее время широко используют сплавы Ti6Al4V, Ti6Al7Nb.

Традиционно нержавеющие стали и высоколегированные сплавы на основе железа используют для изготовления деталей, способных работать в сложных условиях, включающих повышенные температуры, агрессивные среды и т. д. Их широко применяют в авиастроении, энергетике, химической промышленности. Данная группа материалов отличается широкой номенклатурой марок и областью их применения. Изделия из них имеют высокую прочность при более низкой стоимости по сравнению с титановыми сплавами. В мировой практике используют стали марок 17-4PH, 15-5-PH, ASM 316L и 304L, инструментальные стали: 18Ni300, H13.

На территории стран СНГ рынок металлических материалов для АТ развит слабо, что является одной из причин сдерживающих развитие отрасли. Импортные материалы отличаются высокой стоимостью и являются в настоящее время дефицитом. В этом отношении актуальной задачей является разработка универсального и достаточно простого с технологической точки зрения способа производства порошков. Им может стать реакционное механическое легирование, хорошо изученное сотрудниками Белорусско-Российском университета. Оно продемонстрировало высокую эффективность при создании материалов различного назначения, включая нанесение газотермических покрытий. Помимо простоты и универсальности, РМЛ обеспечивает получение порошков с повышенным комплексом свойств и уникальной структурой, сохраняющихся даже после полного расплавления материала.

УДК 627.74.047

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ В СИСТЕМЕ Al-Cu
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЖИДКОФАЗНОГО МЕТОДА
ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Е. И. МАРУКОВИЧ, А. Ю. БЕЛЫХ, А. М. КОВАЛЁВ

Институт технологии металлов НАН Беларуси

Могилев, Беларусь

Наиболее широко в электротехнической и электронной промышленности применяются биметаллы на основе меди и алюминия. Это обеспечивает возможность существенно снизить массогабаритные параметры изделий и соответственно сократить затраты на производственной стадии. Существует несколько способов получения биметаллов. Основные виды – это совместная горячая прокатка составного пакета, диффузионная сварка, сварка взрывом и заливка жидкого металла на твердую основу. Последний метод является самым старым и пригоден для получения как крупных слитков, так и небольших слитков массой до десятков грамм. Основное достоинство – максимальная простота технологического цикла и доступность литейного оборудования. Возможно получение не только геометрически простых изделий, но и фасонных с достаточно сложной геометрией [1]. Экономическая привлекательность последнего метода и предопределила направление исследований в области получения биметаллов и слоистых композитов на основе меди и алюминия с использованием жидкофазных методов.

В экспериментах для заливки использовался алюминий марки А7. Для получения максимального межслоевого сцепления, при формировании биметалла системы «медь – алюминий», в ходе проведения экспериментов использовали жидкую защитную среду на основе расплавов флюса ФА-40.

Эксперименты по получению биметалла Al-Cu проводились следующим образом: при постоянной температуре заливаемого жидкого алюминия $T_{распл.} = 700\text{ }^{\circ}\text{C}$ и нагреве медной подложки в интервале температур $600...690\text{ }^{\circ}\text{C}$ с шагом в $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, тем самым изучая величину переходной зоны на границе «алюминий – медь».

В первой серии экспериментов изучалась зависимость размера переходной зоны при естественном охлаждении на воздухе полученного биметаллического образца. График зависимости толщины переходной зоны Al-Cu от температуры подогрева подложки при охлаждении биметаллического образца на воздухе представлен на рис. 1.

Во второй серии экспериментов изучалась зависимость размера переходной зоны от величины температуры подогрева медной подложки (в интервале $630...690\text{ }^{\circ}\text{C}$) при постоянной температуре жидкого алюминия

(700 °C) и ускоренном охлаждении в водной среде полученного биметаллического образца. График зависимости толщины переходной зоны Al–Cu от температуры подогрева подложки при охлаждении в воде представлен на рис. 2.

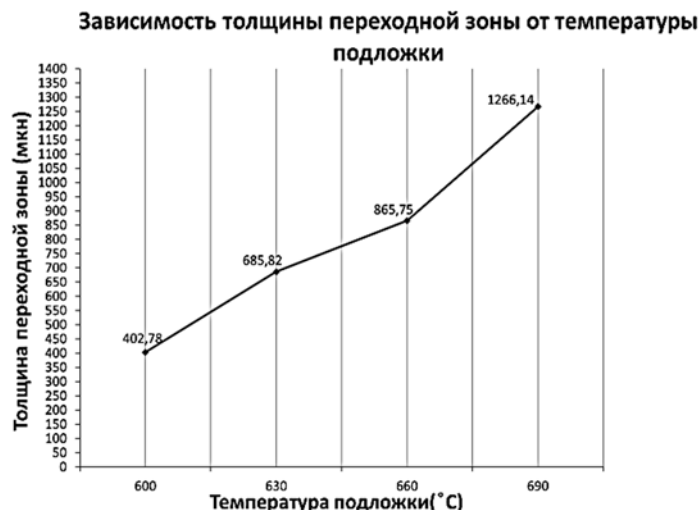


Рис. 1. Зависимость величины переходной зоны Al–Cu от температуры подогрева подложки при охлаждении биметаллического образца на воздухе

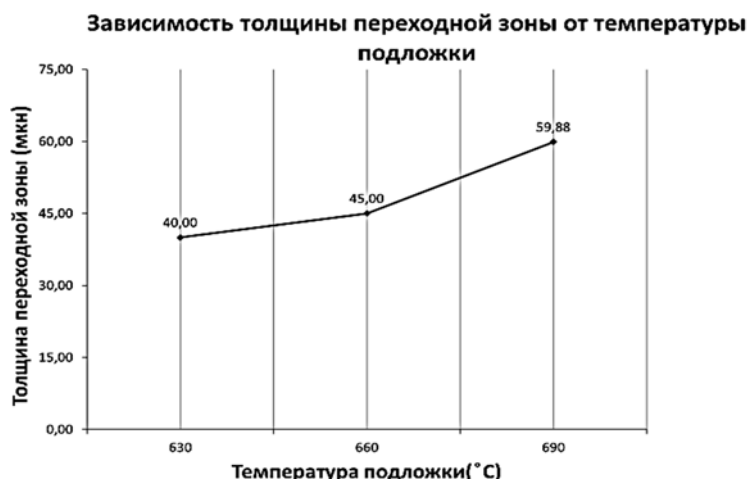


Рис. 2. Зависимость величины переходной зоны Al–Cu от температуры подогрева подложки при охлаждении биметаллического образца в воде

Анализ микроструктуры образцов биметаллического соединения, полученных охлаждением в водной среде, показал существенное уменьшение как величины непосредственно прилегающего к медной подложке слоя интерметаллида, так и общей толщины переходной зоны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голованенко, С. А. Производство биметаллов / С. А. Голованенко, Л. В. Меандров. – Москва: Машиностроение, 1966. – 153 с.

УДК 621.793:620.197

ЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА КОНВЕРСИОННЫХ ПОКРЫТИЙ,
ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ МОЛИБДАТ-ФОСФАТНЫХ РАСТВОРОВ,
НА ГАЛЬВАНИЧЕСКОМ ЦИНКЕ

В. Г. МАТЫС, В. А. АШУЙКО, Л. Н. НОВИКОВА

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

Гальванические цинковые покрытия широко применяют для защиты углеродистой и низколегированной стали от коррозии. Для повышения коррозионной стойкости их подвергают пассивации, в результате чего на поверхности цинка формируются конверсионные покрытия, представляющие собой тонкие оксидно-солевые пленки, повышающие коррозионную стойкость цинковых покрытий и придающие им необходимый декоративный вид. Традиционно для пассивации использовали растворы на основе соединений шестивалентного хрома, которые позволяют получать коррозионностойкие хроматные конверсионные покрытия (ХКП). Однако соединения шестивалентного хрома экологически чрезвычайно опасны, и в развитых странах введен запрет на содержание хроматов в продукции автомобилестроения и электроники, в связи с чем актуальной является задача разработки растворов бесхромовой пассивации цинковых покрытий. Альтернативой хроматам могут служить оксоанионы переходных металлов, в частности молибдаты. Молибден является ближайшим аналогом хрома в периодической системе элементов, поэтому не случайно в качестве альтернативы хроматам для пассивации гальванического цинка стали рассматривать молибдаты. Однако молибдатные конверсионные покрытия (МКП) проявляют более слабые защитные свойства по сравнению с ХКП. Для повышения защитных свойств в состав растворов вместе с молибдат-ионами предлагается вводить фосфат-ионы.

В данной работе исследованы защитные свойства конверсионных покрытий, полученных из растворов (0,05...0,15) М Na_2MoO_4 + 0,15 М H_3PO_4 , методами капли и поляризационных кривых. Конверсионные покрытия получены на гальваническом цинке погружением в рабочий раствор на 1 мин при комнатной температуре. Гальванический цинк был осажден из аммиакатного электролита цинкования. Толщина осажденного цинка составляла 9 мкм, плотность тока – 2 А/дм².

Результаты изучения защитных свойств покрытий представлены в виде диаграмм на рис. 1. Защитные свойства по методу капли (см. рис. 1, а) характеризуются параметром τ – временем потемнения основания капли раствора ацетата свинца на поверхности покрытия в результате реакции

контактного вытеснения свинца металлическим цинком. Чем это время больше, тем меньше пористость покрытия и выше защитные свойства покрытия. Время τ характеризует преимущественно барьерные или блокирующие свойства покрытия. С ростом концентрации молибдата в растворе блокирующие свойства покрытий возрастают до концентрации 0,1 М, а затем уменьшаются.

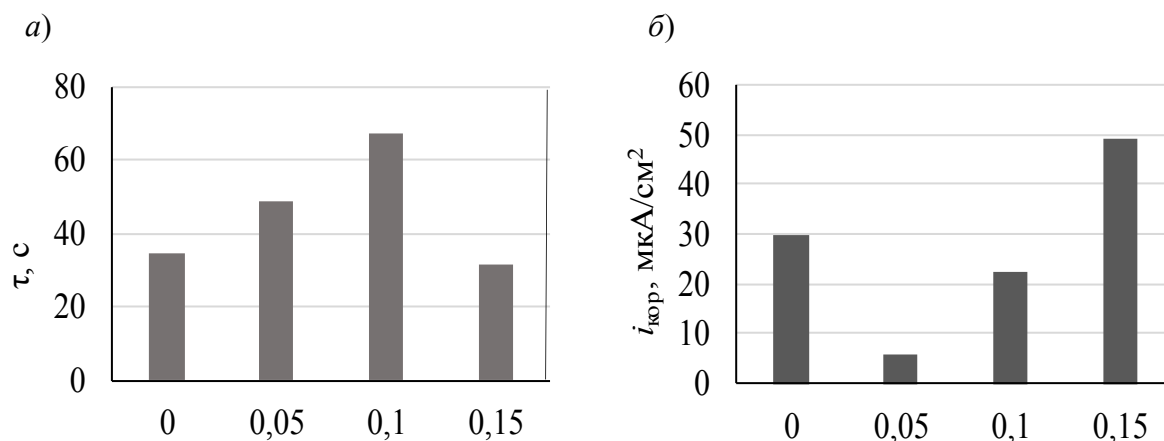


Рис. 1. Защитные свойства по методу капли (а) и электрохимическому методу (б) конверсионных покрытий на гальваническом цинке, полученных из растворов с разным содержанием Na_2MoO_4 (0...0,15 М) и постоянным содержанием H_3PO_4 (0,15 М)

Защитные свойства по электрохимическому методу характеризуются плотностью тока коррозии $i_{\text{кор}}$, которая представляет собой непосредственно скорость коррозии в электрических единицах. Чем ниже плотность тока коррозии, тем выше защитные свойства покрытия. Плотность тока коррозии характеризует и блокирующие и ингибирующие свойства покрытия. Наилучшие защитные свойства (см. рис. 1, б) отмечались для покрытий, полученных в растворе с 0,05 М Na_2MoO_4 , а наихудшие – для покрытий, полученных в 0,15 М Na_2MoO_4 .

В целом, результаты, полученные обоими методами, согласуются. Покрытия с лучшими защитными свойствами получаются при средних концентрациях молибдата натрия в растворе (0,1 и 0,05 М). При более высокой концентрации (0,15 М) защитные свойства конверсионных покрытий получаются даже хуже, чем при полном отсутствии молибдата натрия в растворе.

УДК 621.791
ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
КОМБИНИРОВАННЫХ ОКСИДОКЕРАМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

В. В. МЕШКОВА, А. С. КАЛИНИЧЕНКО
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Е. Э. ФЕЛЬДШТЕЙН
Зеленогурский университет
Зелёна Гура, Польша

Микродуговое оксидирование (МДО) – вид поверхностной обработки и упрочнения металлических материалов, относящийся к электрохимическим процессам и позволяющий получать многофункциональные керамикоподобные покрытия с уникальным комплексом свойств, в том числе износостойкие, коррозионностойкие, теплостойкие, электроизоляционные и декоративные покрытия на металлах и сплавах вентильной группы, прежде всего алюминиевых и титановых [1].

В результате плазмохимических и термохимических процессов при МДО на алюминиевых сплавах формируется покрытие переменного фазового состава, содержащее различные аллотропические модификации оксида алюминия: α - Al_2O_3 , δ - Al_2O_3 , γ - Al_2O_3 и муллита $2\text{SiO}_2 \times 3\text{Al}_2\text{O}_3$ [2].

Для обеспечения высоких эксплуатационных характеристик получаемого покрытия предлагается метод комбинированной обработки, сочетающий с себе нанесение МДО-покрытия и лазерную обработку полученного покрытия, для фиксации высокотемпературной α -фазы оксидной керамики, обусловленной изменением кристаллической решетки материала покрытия.

Лазерная обработка проводилась с помощью лазерной технологической установки «Комета» на базе CO_2 -лазера, режимы лазерной обработки устанавливались экспериментально, с учетом отсутствия перепада покрытия. Часть образцов подвергалась повторной лазерной обработке для оценки влияния повышенного энерговклада в поверхности покрытия на его свойства. Режимы лазерной обработки приведены в табл. 1.

Триботехнические испытания проводились в паре с алюминиевым контртелом для моделирования контакта материалов при протягивании алюминиевой проволоки. Ввиду того, что ускоренные испытания проводились в условиях трения без смазки, наблюдалась повышенная адгезия материалов покрытия и контртела. Характер изменения температур в зоне трения приведен на рис. 1.

Как видно из графиков, зависимости температур в зоне трения от времени имеют сходный характер, отличающийся заметным повышением температур в начальный период, соответствующий периоду приработки с

дальнейшим выходом на стационарный режим, с постепенным повышением температуры. При этом температура при трении образца без лазерной обработки стабильно выше. Можно сделать вывод, что лазерная обработка оказывает влияние на снижение температур в рабочей зоне, что характеризует положительный триботехнический эффект.

Табл. 1. Режимы лазерной обработки поверхности алюминиевого сплава с нанесенным МДО-слоем

Номер образца	Первичная обработка		Повторная обработка	
	V , мм/мин	d , мм	V , мм/мин	d , мм
1	1000	5		
2	1000	5	400	5
3	1000	7		
4	1000	7	400	5
5	Без обработки		Без обработки	
6			400	5
7	600	7		
8	600	8		
9	600	8	400	5

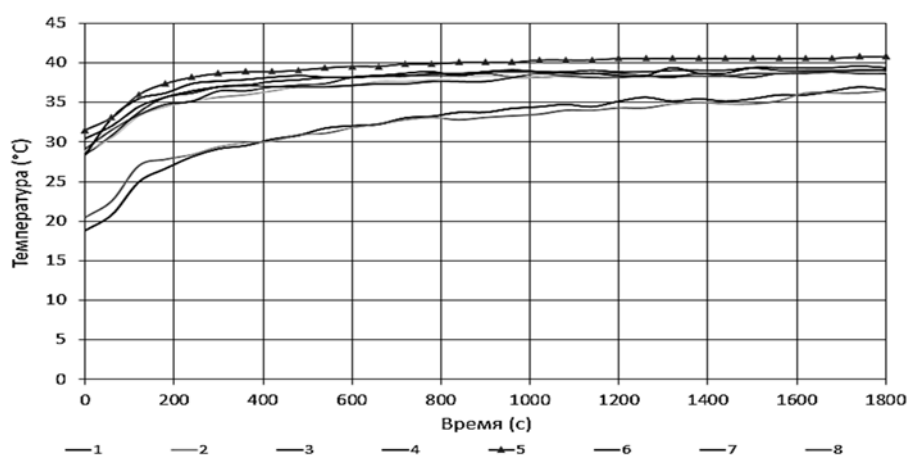


Рис. 1. Характер изменения температур в зоне трения от времени, в условиях сухого трения

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Микродуговое оксидирование (обзор) / И. В. Суминов [и др.] // Приборы. – 2001. – № 9. – С. 13–23.
2. **Федоров, В. А.** Формирование упрочненных поверхностных слоев методом микродугового оксидирования в различных электролитах и при изменении токовых режимов / В. А. Федоров, В. В. Белозеров, Н. Д. Великосельская // Физика и химия обработки материалов. – 1991. – № 1. – С. 87–93.

УДК 667.7 + 681.7

УГЛЕРОДНЫЕ КВАНТОВЫЕ ТОЧКИ, ПОЛУЧЕННЫЕ ТЕРМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

В. Н. НАТАРОВ, Ю. С. ГАЙДУК, А. А. САВИЦКИЙ

Белорусский государственный университет
Минск, Беларусь

Методами просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ), рентгенофазового анализа (РФА), термогравиметрии (ТГ-ДТА) и ИК-спектроскопии исследованы структура и состояние поверхности углеродных квантовых точек (УКТ), спектральные свойства которых были представлены ранее [1].

УКТ получали смешением органических кислот (лимонной, янтарной и др.) и аминов (мочевина, этилендиамин), тщательным их перетиранием и сжиганием в муфельной печи (260...270 °С, 15...30 мин).

Рентгенографические исследования проводили с использованием дифрактометра ДРОН-3 ($\text{Co}_{K\alpha 1}$ -излучение). ИК-спектры образцов, высушенных при 20 и 300 °С, исследовали на спектрометре AVATAR 330 (Thermo-Nicolet) в области волновых чисел (ν) 400...700 cm^{-1} с точностью 1 cm^{-1} . Метод ПЭМ (JEM 100 CX) применяли для изучения размеров частиц. ТГ-ДТА исследования производили на дериватографе Netzsch STA 449C «Jupiter» в области температур 20...600 °С на воздухе со скоростью нагрева 5 °С/мин. Масса образцов составляла 2,47...2,92 мг.

Рентгенограммы исследованных материалов отвечают формированию близкой к аморфной структуре углерода. В частности, рентгенограмма материала, полученного из смеси лимонной кислоты и мочевины представляла собой сдвоенный широкий пик с максимумами при $2\theta = 19,0$ и $23,7^\circ$ (что соответствует наличию двух форм углерода).

Методом ТГ-ДТА установлено, что УКТ начинают окисляться выше 250 °С, наибольшая скорость процесса наблюдается выше 350 °С. Достаточно широкий интервал окисления может свидетельствовать об образовании аморфного углерода различных модификаций. Остаточная масса образца материала, полученного из смеси лимонной кислоты и этилендиамина составила 69,7 %.

Экстракция органическими растворителями из водной фазы позволяет в значительной мере отделить УКТ от примесей других продуктов неполного сгорания. На рис. 1 представлена фотография углеродных квантовых точек, экстрагированных бутанолом. Видно, что наиболее мелкие частицы имеют размер $\sim 2,5$ нм, что, согласно литературным данным, соответствует одиночным квантовым точкам. При этом порошок, полученный высушиванием водного раствора неочищенных УКТ представлял собой

преимущественно частицы неправильной формы размером около 250 нм или их агломераты.

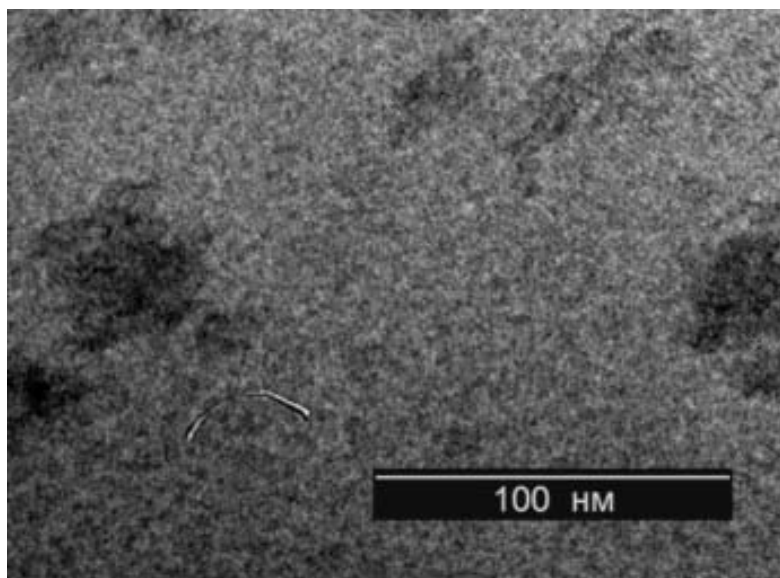


Рис 1. Фотография углеродных кантовых точек, экстрагированных бутанолом (формваровая подложка)

ИК-спектры всех исследованных образцов сходны, они имеют широкую область поглощения при $3000...3500\text{ см}^{-1}$ и набор узких полос поглощения в области $400...1800\text{ см}^{-1}$, среди которых можно выделить полосы поглощения в области $3100...3500\text{ см}^{-1}$, принадлежащие $\nu(\text{O-H})$ и $\nu(\text{N-H})$. Обнаруживаются также полосы поглощения, относящиеся к колебаниям $\delta(\text{CH}_2)$, $\nu(\text{C=O})$, к альдегидным группам, к валентным $\text{C}=\text{C}$ колебаниям полициклических аренов, к колебаниям ОН-групп.

С увеличением температуры и времени термолиза также можно наблюдать снижение сигнала при 700 и 3400 см^{-1} наряду с усилением 880 см^{-1} . Эти процессы указывает на потерю водорода и увеличение доли π -сопряженной системы при более высокой температуре. Таким образом, в зависимости от условий пиролиза формируются ядра УКТ, содержащие разнообразные полициклические углеводороды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савицкий, А. А. Спектральные характеристики и применение углеродных квантовых точек, полученных термическим методом / А. А. Савицкий, Ю. С. Гайдук, П. А. Лойко // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Могилев, 26–27 апр. 2018 г. – Могилев: Белорус.-Рос.ун-т, 2018. – С. 156–157.

УДК 621.923
ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТОВ НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ
РАСТВОРИТЕЛЕЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛИРОВАНИЯ
СТАЛЕЙ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ УГЛЕРОДА

В. С. НИСС, Ю. Г. АЛЕКСЕЕВ, В. А. ЯНОВИЧ
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Существует широкий перечень материалов, электрохимическое полирование которых сильно затруднено из-за повышенного содержания углерода или присутствия в структуре фаз внедрения (карбиды, нитриды, бориды, силициды), сформированных в результате термического или химико-термического упрочнения. Такими материалами, в частности, являются конструкционные и инструментальные стали машиностроительного назначения, применяемые для изготовления деталей машин и механизмов. К ним относятся углеродистые качественные и легированные (45, 40X, 45X, 30ХГСН2А, 40ХН2МА, 30ХГСА, 39ХНЗМА), инструментальные углеродистые (У7, У8, У10, У12), пружинные (65, 85, 65Г, 60С2, 70С3А), подшипниковые (ШХ15, ШХ15СГ, ШХ4) стали. Из-за высокой концентрации углерода такие стали характеризуются пониженной обрабатываемостью с применением существующих процессов электрохимического полирования.

Возможным путем повышения качества поверхности при электрохимическом полировании сталей машиностроительного назначения представляется использование в качестве электролитов многокомпонентных смесей на основе органических растворителей в сочетании с различными видами технологического тока. Многокомпонентные смеси на основе органических растворителей представляют собой растворы электролитов, в которых растворителями являются однокомпонентные жидкости, исключая воду, или многокомпонентные жидкие смеси, как неводные, так и маловодные. Их электропроводность обычно на 1–2 порядка ниже электропроводности водных растворов.

Неводные электролиты широко применяются в настоящее время в технике: при производстве литиевых аккумуляторов, фотоэлектрохимических элементов, электролитических конденсаторов, при электроорганическом синтезе. Замена водных электролитов на неводные в этом случае приводит к упрощению технологии производства, существенно улучшая качество продукции. Также известно применение неводных электролитов для точной высокоскоростной размерной электрохимической обработки. Высокая скорость съема при этом достигается за счет уменьшения поляризуемости обрабатываемого металлического материала.

Анализ характеристик электролитов на основе органических растворителей показывает, что по сравнению с традиционными кислотными электролитами предлагаемые растворы при использовании их в процессах полирования, глянцеваания и удаления заусенцев будут иметь ряд существенных преимуществ:

- большие локальные плотности тока при относительно небольшой общей плотности тока за счет низкой электропроводности электролита;
- улучшение качества обработанной поверхности (получение полирующего эффекта) за счет образования вязких приэлектродных слоев электролита, приводящих к явлениям пассивации;
- возможность контролируемого удаления заусенцев без использования противоэлектрода, форма которого должна совпадать с профилем детали;
- применение гораздо менее агрессивных составов (по сравнению с традиционными кислотными электролитами), при использовании которых упрощаются требования к технологическому оборудованию, улучшаются условия труда и требования к технике безопасности.

Выполнены эксперименты по обработке заготовок разводных гаечных ключей из конструкционной легированной стали 40ХФА в электролите на основе глицерина, которые показали высокую эффективность метода и перспективность его применения с целью удаления заусенцев, полирования и глянцеваания поверхности (рис. 1). В процессе обработки были полностью удалены заусенцы размером до 0,2 мм, сглажены микронеровности, поверхность имела высокую отражающую способность. Плотность тока при обработке составила 0,05...0,15 А/см².



Рис. 1. Результат электрохимического полирования изделия из конструкционной легированной стали 40ХФА в электролите на основе органического растворителя

УДК 678: 538.911

НАНОКОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ТРИБОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Е. В. ОВЧИННИКОВ

Институт повышения квалификации и переподготовки кадров
ГрГУ им. Янки Купалы

И. А. ЛЯВШУК

Гродненский государственный университет им. Янки Купалы
Гродно, Беларусь

А. А. ВОЗНЯКОВСКИЙ

Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе
Российской академии наук
Санкт-Петербург, Россия

Влияние процессов трения, коррозии на физико-механические характеристики деталей машин и механизмов являются определяющими при эксплуатации. Для снижения действия данных процессов при эксплуатации применяются различные технологические приемы и композиционные материалы. Перспективным направлением в области снижения износа и защиты от коррозии оказалось применение функциональных композиционных полимерных материалов. Особое место в иерархии машиностроительных материалов занимают многофункциональные полимерные наноконпозиционные материалы, которые заменяют традиционные композиты при создании демпфирующих сопряжений, узлов трения, герметизирующих элементов, медицинских протезов и устройств [1, 2]. Необходимый уровень триботехнической организации, определяющий устойчивость наноконпозитов к воздействию эксплуатационных факторов, достигается путем применения модификаторов определенной молекулярной массы, состава, внешней формы, геометрических размеров частиц, методов подготовки наполнителя, режимов переработки наноконпозиционных материалов, методов активации трущихся поверхностей, позволяющих изменять топографию контактирующих материалов, влияние внешних факторов, оказывающих основополагающий вклад в трибохимические процессы формирования устойчивых разделительных слоев в зоне фрикционного контакта. Целью данной работы является разработка наноконпозиционных материалов путем применения функционализированных наноконглеродных частиц для увеличения физико-механических характеристик формируемых систем.

Триботехнические исследования проводили на машине трения типа FT-2, которая работает по схеме возвратно-поступательного движения. Длина хода индентора, выполненного из стали и отшлифованного на ровной плоской поверхности наждачной шкуркой или шлифовальной пастой до

среднего арифметического отклонения профиля поверхности $R_a = 0,1 \dots 0,3$ мкм, равна от 5...50 мм в условиях сухого трения (контртела). Образцы закрепляли в зажиме машины трения; рабочую сферу и рабочую поверхность стального диска (контртела), протирали тканью «бязь», отбеленной, смоченной в этиловом спирте, после чего сушили 2 мин при комнатной температуре. Испытания проводили при нормальной нагрузке на образец до 20 Н, линейной скорости скольжения 0,036 м/с, температуре поверхности стали (20 ± 5) °С. Одним из аспектов, который фактически не рассматривается при трении нанокпозиционных материалов на основе полимерной матрицы, является наличие активных поверхностных зарядовых центров. Согласно классическим представлениям, в диэлектрических материалах отсутствуют носители зарядов, уровень Ферми находится на много выше потолка валентной зоны, и появление приповерхностного электронного облака невозможно. В то же время, эксперименты показали наличие на поверхности диэлектриков активных зарядовых центров. Появление АПЗЦ в диэлектриках обусловлено двумя причинами. Во-первых, за счет наличия электретных свойств, во-вторых, в результате флуктуационного распределения атомов (ионов) по ювенильным поверхностям, образованным при диспергировании макроскопических полуфабрикатов. В диэлектриках – электрическое внешнее поле усилит поверхностную зарядовую активность, если в веществе имеются полярные молекулы, например, в алмазоподобных (фуллерит) или в кристаллах пировскитового типа. При наличии в таких кристаллах диполей их ориентация под действием внешнего поля изменится. Исследованы триботехнические характеристики композиционных материалов, модифицированных функционализированными наноалмазами детонационного синтеза. Установлено, что концентрация модификатора в 1...2 мас. % в полимерной матрице приводит к уменьшению значений коэффициента трения на 20...25 % и увеличению износостойкости. Данный эффект происходит вследствие многоуровневого модифицирования, заключающегося в увеличении взаимодействия на молекулярном, межмолекулярном, надмолекулярном и межфазном уровнях. Введение нанодисперсных углеродных частиц приводит к выглаживанию поверхности трения композиционного материала, содержащего нанодисперсные частицы. Данный эффект зависит от концентрации нанодисперсного модификатора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Витязь, П. А.** Нанокристаллические алмазы и перспективы их использования / П. А. Витязь // Наноструктурные материалы: получение и свойства. – Минск: НАНБ, 2000. – С. 8–20.
2. Трение и износ материалов на основе полимеров / В. А. Белый [и др.]. – Минск: Наука и техника, 1976. – 250 с.

УДК 621.793:66.088

ГИБРИДНЫЕ МЕТОДЫ УПРОЧНЕНИЯ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Е. В. ОВЧИННИКОВ

Институт повышения квалификации и переподготовки кадров
ГрГУ им. Янки Купалы

Е. И. ЭЙСИМОНТ

Гродненский государственный университет им. Янки Купалы
Гродно, Беларусь

Н. М. ЧЕКАН

Физико-технический институт НАН Беларуси
Минск, Беларусь

Формирование тонкослойных вакуумных покрытий с различными эксплуатационными параметрами позволяет существенно увеличить диапазон применения модифицированных материалов. Для интенсификации модифицирующего действия тонкослойных покрытий применяют различные методы активации субстрата [1]. Так, в [2] рассмотрены вопросы влияния импульсного ВЧ напряжения, подаваемого на подложку, на размер кристаллитов при осаждении покрытия TiN. Установлено, что при импульсном осаждении покрытий происходит значительное уменьшение размеров кристаллитов с 60 до 10...15 нм. Характер такого структурного поведения связан с формированием высокодисперсной неравновесной зернистой структуры с высокой плотностью дислокаций. Предлагаются методы обработки твердого диэлектрического субстрата плазмой высокой частоты, что приводит к определяющему влиянию на процесс осаждения металлических пленок электретной структуры, сформировавшейся вследствие перераспределения индуцированных и адсорбированных заряженных частиц в поверхностных слоях диэлектрической подложки. В результате применения данного метода технологической обработки подложки формируются покрытия с повышенной адгезионной прочностью, микротвердостью.

Целью данной работы является разработка гибридных методов упрочнения металлообрабатывающего инструмента, заключающихся в комбинировании методов плазмохимического осаждения и криогенной обработки. Триботехнические исследования проводили на машине трения типа FT-2, которая работает по схеме возвратно-поступательного движения. Длина хода индентора, выполненного из стали и отшлифованного на ровной плоской поверхности наждачной шкуркой или шлифовальной пастой до

среднего арифметического отклонения профиля поверхности $R_a = 0,1 \dots 0,3$ мкм, равна от 5...50 мм в условиях сухого трения (контртела). Образцы закрепляли в зажиме машины трения, протирали тканью «бязь», отбеленной, смоченной в этиловом спирте, рабочую сферу и рабочую поверхность стального диска (контртела), после чего сушили две минуты при комнатной температуре. Испытания проводили при нормальной нагрузке на образец до 20 Н, линейной скорости скольжения 0,036 м/с, температуре поверхности стали (20 ± 5) °С. В ходе проведенных исследований установлено, что при криогенной обработке покрытий карбонитрида циркония при небольших интервалах выдержки (120...360 мин) в криогенной жидкости прочностные характеристики покрытий возрастают, дальнейшее увеличение времени выдержки (24...48 ч) не приводит к дальнейшему увеличению прочностных характеристик. Увеличение прочностных характеристик можно объяснить образованием мелкозернистой структуры в слое покрытия, а также формированием нанодисперсной фазы. Исследованы триботехнические характеристики композиционных покрытий на основе карбонитрида циркония, подвергнутых криогенной обработке. Установлено увеличение износостойкости покрытий при проведении криогенной обработки. С увеличением выдержки в криогенной среде увеличивается износостойкость и уменьшаются значения коэффициента трения. Криогенная обработка покрытий сложного химического состава, полученных по вакуумным технологиям в среде реакционного газа при осаждении, на стальных субстратах приводит к неоднозначным результатам. Согласно данным акустической эмиссии, обработка соединений $ZrCN$, сформированных на быстрорежущей стали, в жидком азоте приводит к снижению адгезионного взаимодействия с подложкой. Данный эффект проявляется в большей степени при больших временах выдержки покрытия в криогенной жидкости. Термообработка покрытий ZrN , сформированных на стали Р6М5, при небольших временных интервалах воздействия криогенных жидкостей может увеличивать адгезионное взаимодействие в системе «подложка-субстрат».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vickers hardness properties of structural materials for superconducting magnet at cryogenic temperatures / Y. Yoshino [et al.] // *Cryogenics*. – 2001. – Vol. 41. – P. 505–511.
2. **Wanstrand, O.** Wear Resistant Low Friction Coatings for Machine Elements / O. Wanstrand // *Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology, Acta Universitatis Upsaliensis*. – Uppsala, 2000. – 32 p.

УДК 669.715

НАСЛЕДСТВЕННОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ – СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ СВОЙСТВ ОТЛИВОК ИЗ СИЛУМИНА

В. Ю. СТЕЦЕНКО, А. П. ГУТЕВ, К. Н. БАРАНОВ

Институт технологии металлов НАН Беларуси
Могилев, Беларусь

В настоящее время для измельчения эвтектики отливок из силумина, в основном, используют модифицирующие натрийсодержащие флюсы (МНФ). При их взаимодействии с расплавом образуется натриевая эмульсия. Коагулируя и всплывая на поверхность жидкого силумина, она активно взаимодействует с атмосферным водяным паром. В результате этой реакции образуется водород, который проникает в расплав. При его затвердевании растворенный водород полностью выделяется в местах несплошности отливки, образуя газоусадочную пористость. Чтобы ее уменьшить, помимо дегазации расплава, необходимо снизить количество МНФ. При этом нарушается эффект модифицирования эвтектики, который и так очень мал и обычно не превышает 30 мин. Применение МНФ создает проблему повышения свойств отливок из силумина. Для ее решения в Институте технологии металлов НАН Беларуси разработана технология наследственного модифицирования. Она основана на явлении структурной наследственности, при которой микроструктура шихтовых силуминов после переплава наследуется полученными отливками. При этом отпадает необходимость в использовании МНФ. Для получения шихтового силумина с высокодисперсной микроструктурой используется кристаллизатор с высокой скоростью охлаждения. Она позволяет получать отливки с эвтектическим кремнием дисперсностью 1...4 мкм. В этом случае время живучести (действия) процесс наследственного модифицирования в обычных (заводских) условиях литья составляет 2...3 ч.

Технология наследственного модифицирования для литья силумина внедрена и используется на опытно-промышленном литейном участке в Институте технологии металлов НАН Беларуси. Это позволило получать полые и фасонные отливки с повышенными механическими и антифрикционными свойствами при литье в кокиль. Такие заготовки не уступают, а в ряде случаев превосходят аналогичные из оловянных и алюминиевых бронз, используемых в узлах трения машин и механизмов. При этом стоимость отливки из антифрикционного силумина в среднем в 2,5 раза ниже, чем у бронзовой. Литье силумина с использованием наследственного модифицирования не только повышает свойства заготовок, но является экологически безопасным процессом, т. к. не требует применения МНФ.

УДК 669.715
ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИИ ГЛУХОДОННОГО СТРУЙНОГО
КРИСТАЛЛИЗАТОРА НА КАЧЕСТВО ОТЛИВОК ИЗ СИЛУМИНА

В. Ю. СТЕЦЕНКО, К. Н. БАРАНОВ, А. П. ГУТЕВ
Институт технологии металлов НАН Беларуси
Могилев, Беларусь

Литье в глуходонный кристаллизатор с затопленно-струйной системой охлаждения (глуходонный струйный кристаллизатор) позволяет получать заготовки из силуминов, которые по антифрикционным свойствам превосходят оловянные и алюминиевые бронзы, но легче и дешевле последних в среднем в 2,5 раза. При этом технологически процесс литья высокопроизводителен и не требует применения экологически небезопасных модифицирующих флюсов и лигатур. Основным недостатком литья силуминов в глуходонный струйный кристаллизатор является заполнение его внутренней полости расплавом сверху открытой струи. При этом на внутреннюю поверхность рабочей втулки попадают корольки. Они привариваются к ее поверхности, окисляются и быстро охлаждаются, поэтому не свариваются с отливкой. Это значительно ухудшает качество ее наружной поверхности и увеличивает припуск на механическую обработку заготовок. Высокая скорость затвердевания отливок из силумина при литье в глуходонный струйный кристаллизатор затрудняет удаление пузырьков водорода при кристаллизации алюминиево-кремниевой эвтектики. Это способствует получению заготовок с газоусадочной пористостью.

Для повышения качества отливок из силумина при литье в глуходонный струйный кристаллизатор использовали вибрацию в горизонтальной плоскости. Для этого применяли пневматический вибратор. При прочих равных условиях литья получили отливки из сплава АК18 без вибрации и с вибрацией глуходонного струйного кристаллизатора. Качество отливок оценивали визуально и с помощью методов металлографического анализа. В верхней части заготовок без вибрации наблюдали центральную газоусадочную пористость, на наружной поверхности отливок были раковины. В заготовках, полученных с применением вибрации, центральная газоусадочная пористость и раковины отсутствовали, а дисперсность кристаллов кремния в среднем повысилась в 2 раза.

Таким образом, вибрация глуходонного струйного кристаллизатора позволяет устранить центральную газоусадочную пористость в отливках из силумина, измельчить их микроструктуру и значительно улучшить качество наружной поверхности заготовок. Это позволит увеличить выход годной продукции и снизить материальные затраты на производство деталей из силумина с повышенными механическими свойствами.

УДК 621.9

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ШИХТЫ НА РАЗМЕР ЧАСТИЦ МЕХАНИЧЕСКИ ЛЕГИРОВАННЫХ ПОРОШКОВ

А. С. ФЕДОСЕНКО

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Разработка новых технологий и способов изготовления деталей машин требует создания новых материалов. Среди них все большее применение находят порошки, используемые при сварке, наплавке и напылении поверхностных слоев, изготовлении изделий методами порошковой металлургии, а также формировании объектов в области аддитивных технологий. Их важными характеристиками являются средний размер частиц, ширина используемой фракции, количество основной фракции.

Одним из современных способов получения порошков является реакционное механическое легирование (РМЛ). С его помощью получают металлические, керамические, а также металлокерамические материалы, практически не ограниченные по химическому составу, позволяющие изготавливать объемные изделия и формировать покрытия, отличающиеся высокими физико-механическими свойствами и эксплуатационными характеристиками.

Были проведены исследования влияния химического состава выбранных композиций на гранулометрический состав получаемых порошков. Исследовались материалы на основе систем Fe–Cr–C, Ni–Al, Fe–Al.

Результаты экспериментов показали, что обработка композиций на основе системы **Fe–Cr–C** приводит к формированию материалов, в которых содержание частиц с размером не более 50 мкм составляет до 95 % общей массы. Данное явление обусловлено интенсивным взаимодействием между исходными компонентами композиции, а также значительным развитием наклепа, способствующих росту твердости частиц и увеличению их хрупкости.

Композиции на основе системы **Ni–Al**, в отличие от предыдущих, менее склонны к измельчению. В процессе РМЛ они проходят классические стадии синтеза. На начальном этапе обработки идет дробление исходных компонентов (продолжительность зависит от химического состава и не превышает 2,5 ч). Далее начинает превалировать процесс конгломерации, завершающийся при обработке шихты в течение 5...6 ч, после чего устанавливается динамическое равновесие. Увеличение содержания в исходной шихте Al в интервале 5...15 % заметного влияния на начальную стадию измельчения не оказывает, однако способствует уменьшению размера частиц и формированию более тонкого порошка. Это явление

объясняется ростом твердости гранул, обусловленным увеличением содержания в матрице упрочняющих фаз в виде оксидов и интерметаллидов, содержащихся в исходных компонентах, а также синтезируемых в процессе механосинтеза. Во всех случаях до 99 % частиц получаемых порошков имеют размер не более 200 мкм.

Композиции на основе системы **Fe–Al** отличаются низкой склонностью к измельчению компонентов на начальной стадии обработки и интенсивной грануляцией, в связи с чем в исходную шихту необходимо дополнительно вводить ПАВ в виде стеариновой кислоты. При ее добавлении минимальная насыпная плотность материала наблюдается после обработки шихты в течение не более двух часов, а наибольший размер частицы порошка имеют после 4...5 ч механосинтеза. Динамическое равновесие между измельчением частиц и их ростом наблюдается при длительности обработки более 8 ч, при этом средний размер частиц составляет 90 мкм.

Дополнительное введение в шихту на основе системы Fe–Al оксидов (Fe_2O_3 , Ni_2O_3 , MoO_3) изменяет протекание процесса формирования гранулированных композиций. Увеличение содержания MoO_3 способствует формированию более тонкого порошка, что связано с физическими свойствами данного соединения. В ходе механосинтеза оксид молибдена распределяется по поверхности частиц обрабатываемой шихты, замедляя процесс их объединения.

Добавление в композицию оксида железа или оксида никеля, напротив, приводит к увеличению среднего размера гранул. При равном количестве вводимого ПАВ в композициях с оксидами наблюдается образование материала, в котором присутствует до 15 % крупных частиц диаметром более 1 мм и до 8 % относительно мелких, с размером менее 100 мкм. Формирование более крупного порошка при введении Fe_2O_3 , Ni_2O_3 , очевидно, связано с локальным повышением температуры в шихте, вызываемым протеканием экзотермических реакций при взаимодействии между оксидами и алюминием и сопровождающимся значительным увеличением пластичности компонентов. Проблема решается увеличением содержания в исходной шихте ПАВ с 0,15 до 0,25 %.

Исходя из результатов, следует, что синтезированные порошки на основе рассмотренных систем, полученные способом РМЛ, по гранулометрическому составу соответствуют технологическим требованиям отмеченных выше областей применения, при этом, РМЛ позволяет регулировать размер частиц, изменяя режимы механосинтеза, что дает ему дополнительные преимущества.

УДК 621.791.72
МИКРОТВЕРДОСТЬ ФАЗ МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО 3D-ПОКРЫТИЯ
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРАХ ЕГО НАНЕСЕНИЯ

В. К. ШЕЛЕГ, Н. И. ЛУЦКО, А. С. ЛАПКОВСКИЙ
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Композиционные материалы, в том числе композиционные упрочняющие покрытия, уже сравнительно давно используются для повышения физико-механических и эксплуатационных свойств материалов. В последние годы активно разрабатываются так называемые мультимодальные покрытия, имеющие повышенные характеристики [1]. Покрытия считаются мультимодальными, если в них имеются несколько значений какого-либо признака (размера частиц упрочняющей фазы, пористости, вида материала), имеющие одинаковую частоту повторения. Лазерная наплавка позволяет строить мультимодальные покрытия путем нанесения чередующихся валиков из материалов, имеющих различные физико-механические свойства. Особую эффективность имеют многослойные (3D) мультимодальные покрытия. Схема поперечного сечения мультимодального 3D-покрытия из сплава ПГ-12Н-01 и бронзы ПГ-19М-01 показана на рис. 1.

В поперечном сечении мультимодального 3D-покрытия наблюдается периодичность изменения микротвердости как в направлении параллельно основе, так и по глубине покрытия. На рис. 2 показано периодическое распределение микротвердости в поперечном сечении мультимодального 3D-покрытия в направлении параллельно основе. Средняя микротвердость при этом периодически изменяется от 4000 до 5000 МПа.

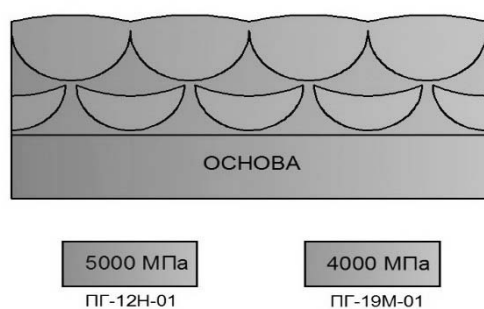


Рис. 1. Схема поперечного сечения мультимодального 3D-покрытия

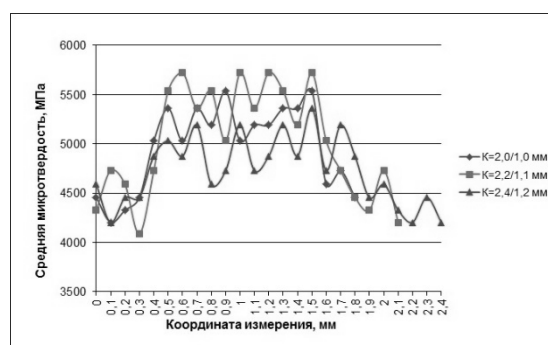


Рис. 2. Распределение микротвердости в поперечном сечении мультимодального 3D-покрытия

Для определения влияния скорости лазерной наплавки и шага наплавки валиков на микротвердость фаз самофлюсующегося сплава и бронзы в мультимодальном 3D-покрытии были построены зависимости средней микротвердости фаз от этих факторов (рис. 3–6). Из рис. 3–4 видно, что средняя

микротвердость фаз имеет минимальное значение для самофлюсующегося сплава при скорости наплавки 120 мм/мин, а для фазы бронзы – при скорости наплавки 180 мм/мин. При этих скоростях в соответствующих материалах существуют наихудшие условия образования зернистой структуры с минимальным сцеплением материалов валиков по границам зёрен.

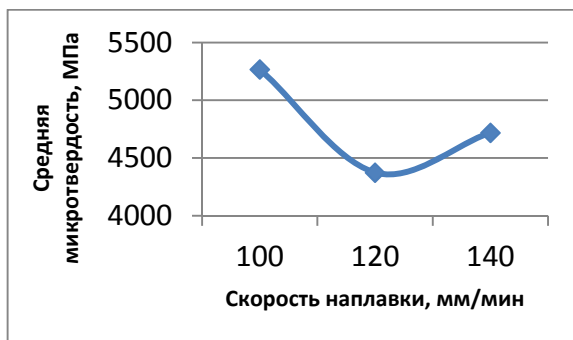


Рис. 3. Зависимость средней микротвердости фазы сплава ПГ-12Н-01 от скорости наплавки

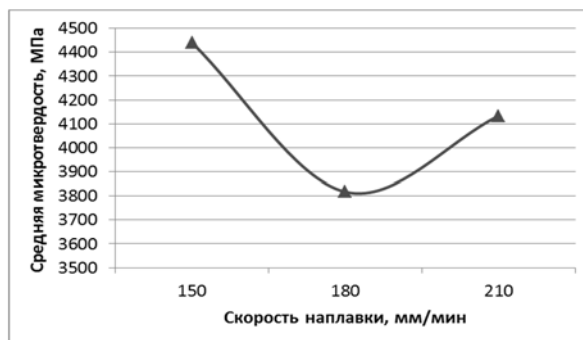


Рис. 4. Зависимость средней микротвердости фазы бронзы ПГ-19М-01 от скорости наплавки

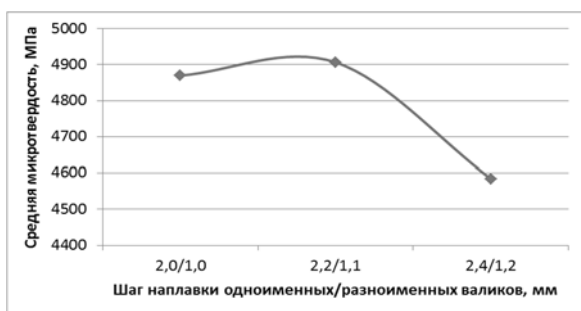


Рис. 5. Зависимость средней микротвердости фазы сплава ПГ-12Н-01 от шага наплавки

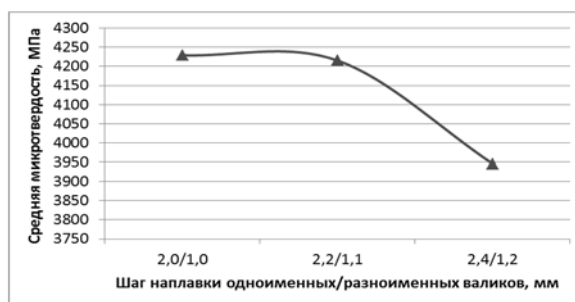


Рис. 6. Зависимость средней микротвердости фазы бронзы ПГ-19М-01 от шага наплавки

На зависимостях средней микротвердости фаз мультимодального покрытия от шага наплавки (см. рис. 5 и 6) хорошо видно, что в диапазоне шагов наплавки 2,0/1,0...2,2/1,1 мм средняя микротвердость практически не изменяется. В этом диапазоне шагов наплавки имеют место оптимальные условия нагрева-охлаждения при наплавке соседних валиков, когда образуется оптимальная зернистость структуры с повышенной микротвердостью. При дальнейшем увеличении шага наплавки наблюдается уменьшение энерговклада и ухудшение сцепления материалов фаз по границам зёрен, для обеих фаз средняя микротвердость уменьшается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mechanical properties of antiwear Cr/CrN multimodule coatings / J. Ratajski [et al.] // Archives of Materials Science and Engineering. – 2015. – Vol. 75, I. 2. – P. 35–45.

В. Г. ШЕПЕЛЕВИЧ

Белорусский государственный университет
Минск, Беларусь

Сплавы на основе системы Bi-Sn-In являются перспективными материалами для различных отраслей промышленности, что подтверждается исследованиями их микроструктуры, фазового состава и физических свойств. В работе представлены параметры микроструктуры тройного сплава $\text{Bi}_{26}\text{In}_{39}\text{Sn}_{35}$ (атомные проценты), состав которого незначительно отличается от эвтектики и полученного при скоростях охлаждения $\approx 10^2 \text{ K/c}$, что представляет научный интерес и имеет прикладное значение.

Сплав $\text{Bi}_{26}\text{In}_{39}\text{Sn}_{35}$ изготовлен сплавлением компонентов в кварцевой ампуле, затем заливается в графитовую изложницу. Площадь квадратного поперечного сечения составляет 25 мм^2 . Скорость охлаждения при таких условиях затвердевания равна $2 \cdot 10^2 \text{ K/c}$.

На дифрактограмме наблюдаются дифракционные линии фаз: BiIn (110, 101, 200, 002, 102 и др.), Bi_3In_5 (211, 202, 220, 213 и др.) и Sn_4In (0001, $10\bar{1}0$, $11\bar{2}0$, 0002 и др.). Изображение микроструктуры сплава $\text{Bi}_{26}\text{In}_{39}\text{Sn}_{35}$, полученное с помощью растрового микроскопа, представлено на рис. 1. Структура имеет кружевоподобный вид. Дендритная структура не обнаружена. Наблюдаются светлые, серые и темные области.

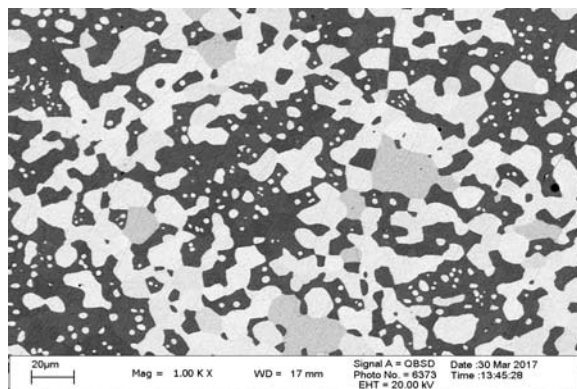


Рис. 1. Микроструктура образца сплава $\text{Bi}_{26}\text{In}_{39}\text{Sn}_{35}$

Средние значения концентраций компонентов в различных областях сплава определены рентгеноспектральным анализом и представлены в табл. 1. В светлых областях отношение атомных концентраций висмута и индия равно единице, а концентрация олова низкая, поэтому данная область соответствует фазе BiIn . Выделения BiIn однородны в объеме и имеют преимущественно выпуклые границы, что указывает на их первоочередную кристаллизацию. В серых участках отношение концентраций индия и висмута находится в пределах от 1,2 до 1,6, а концентрация олова составляет

несколько процентов. Можно предположить, что серые области состоят из смеси двух фаз: Bi_3In_5 и BiIn . В темных областях, имеющих преимущественно вогнутые границы и содержащие дисперсные более светлые выделения, образуется смесь фаз Sn_4In , BiIn и Bi_3In_5 . В темных областях концентрация висмута менее 10 %, а отношение концентраций олова и индия достигает двух. Фаза Sn_4In относится к фазам с переменным составом и имеет простую гексагональную кристаллическую решетку, в которой растворяется висмут при комнатной температуре до 4 %.

Табл. 1. Концентрация компонентов в различных участках сплава

Область сплава	Компоненты, ат. %		
	Bi	Sn	In
Светлая	48	4	48
Серая	37	7	56
Темная	9	60	31

Таким образом, в исследуемом сплаве имеются крупные и мелкие светлые области. На рис. 2 представлена гистограмма распределения максимальных хорд l сечений белых выделений по размерным группам. На гистограмме выделяются две области, соответствующие мелким и крупным выделениям ϵ -фазы (BiIn). Для мелких частиц среднее значение хорд равно $l_1 = 2,6$ мкм, а для крупных частиц – $l_2 = 19$ мкм соответственно. Это свидетельствует о выделении крупных частиц ϵ -фазы в начале кристаллизации, а мелких – при ее завершении.

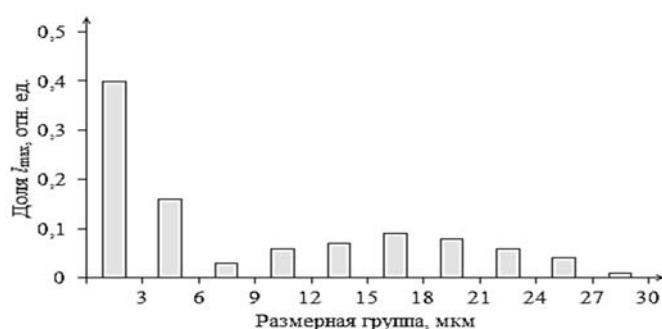


Рис. 2. Распределение длин хорд $l_{\max}$ сечений частиц ϵ -фазы по размерным группам

Формирование наблюдаемой микроструктуры объясняется тем, что при охлаждении расплава со скоростью порядка 10^2 К/с из-за переохлаждения в жидкой фазе появляются области, в которых состав близок к составу промежуточных фаз, что способствует образованию центров кристаллизации фазы BiIn в этих местах в первую очередь. Выделение фазы BiIn сопровождается выделением теплоты, что уменьшает переохлаждение жидкости. Затем из жидкости образуется смесь BiIn и Bi_3In_5 (серая область), на заключительном этапе кристаллизации происходит образование выделений трех фаз BiIn , Sn_4In и Bi_3In_5 .

УДК 669.2/8:539.2
МИКРОСТРУКТУРА БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШИХ ФОЛЬГ СПЛАВОВ
СИСТЕМЫ ВИСМУТ–ОЛОВО

В. Г. ШЕПЕЛЕВИЧ
Белорусский государственный университет
Минск, Беларусь

Л. П. ЩЕРБАЧЕНКО
Брестский государственный технический университет
Брест, Беларусь

Представлены результаты исследования пространственного распределения фаз в фольгах сплавов системы Sn-Bi и изучена зависимость параметров микроструктуры (объемной доли фаз V , средней длины хорд случайных секущих на сечениях выделений фаз d и удельной поверхности межфазной границы S) от расстояния x до поверхности фольги, контактирующей с поверхностью кристаллизатора. Фольги сплавов получены высокоскоростным затвердеванием капли расплава на внутренней полированной поверхности быстровращающегося медного цилиндра. Скорость охлаждения – не менее 10^5 K/с. Определение параметров микроструктуры сплавов системы Sn-Bi осуществлено методом секущих.

Рассмотрены три образца различного состава: Bi-10 мас. % Sn, эвтектика Bi-42 мас. % Sn и Bi-80 мас. %. Обнаружено, что для фольг рассматриваемых сплавов характерна дисперсная структура (рис.1).

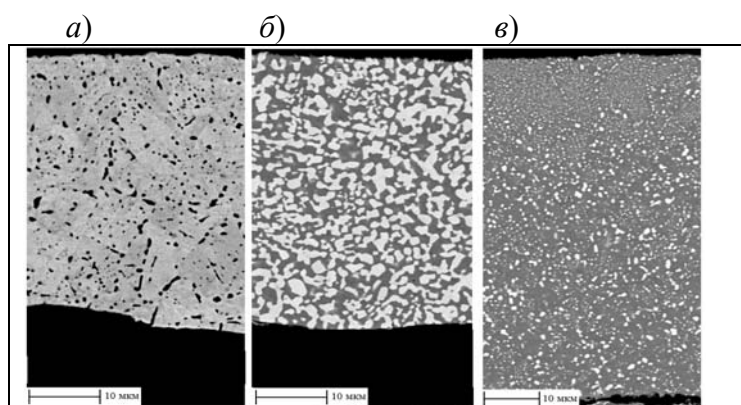


Рис. 1. Микроструктура быстрозатвердевших фольг сплавов: а – Bi-10 мас. % Sn; б – эвтектика Bi-42 мас. % Sn; в – Bi-80 мас. % Sn

Для сплавов Bi-42 мас. % Sn, Bi-80 мас. % Sn параметры микроструктуры фольг были определены для фазы висмута, для сплава Bi-10 мас. % Sn – для олова. Зависимость объемной доли выделившихся фаз от расстояния x , контактирующей с кристаллизатором, представлена на рис. 2, а. Было обнаружено, что объемная доля фаз не зависит от x для всех рассматриваемых сплавов. Данные графики свидетельствуют об однородном пространственном распределении фаз в фольгах, что имеет важное

прикладное значение для припоев, т. к. повышается качество пайки. Зависимость среднего размера хорд случайных секущих, приходящихся на выделенные фазы, от x сплавов системы Bi-Sn представлена на рис. 2, б. Для сплава Bi-42 мас. % Sn d не зависит от x . Для сплавов Bi-10 мас. % Sn и Bi-80 мас. % Sn наблюдается монотонное возрастание среднего размера d хорд случайных секущих с ростом x . Для эвтектического сплава Bi-42 мас. % Sn S не зависит от x (рис. 2, в). Для сплавов Bi-10 мас. % Sn и Bi-80 мас. % Sn наблюдается монотонное убывание S с увеличением x .

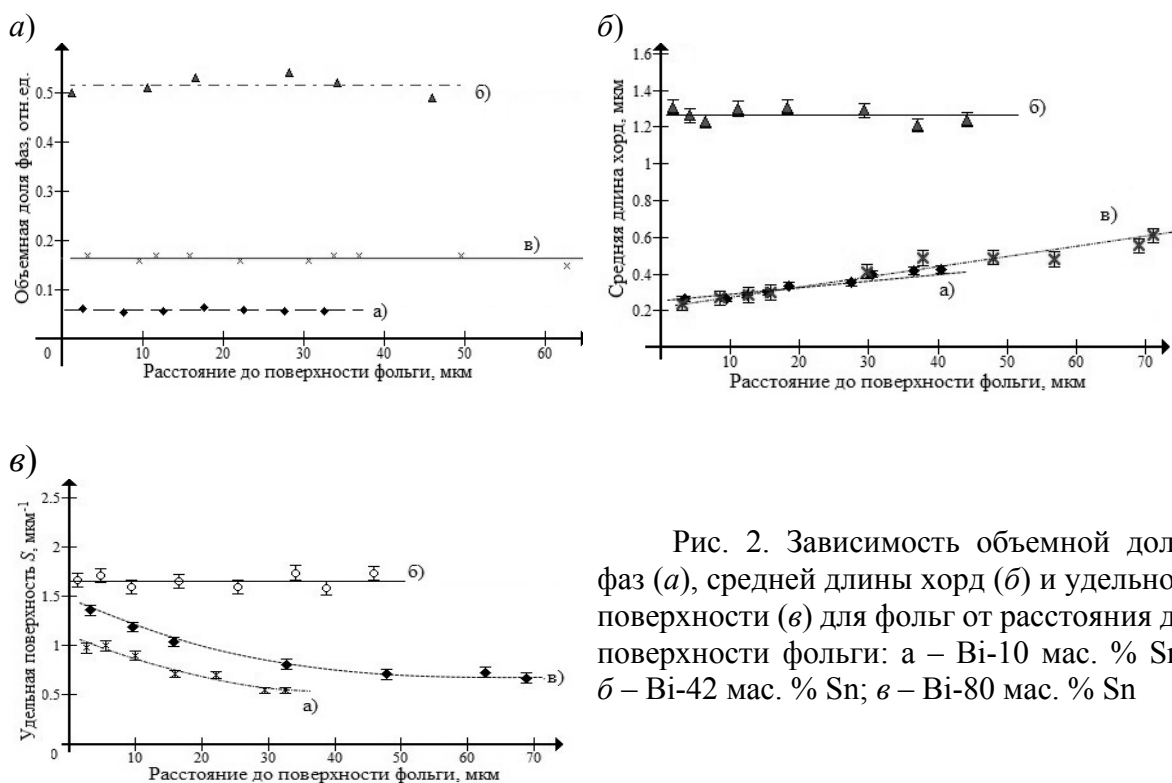


Рис. 2. Зависимость объемной доли фаз (а), средней длины хорд (б) и удельной поверхности (в) для фольг от расстояния до поверхности фольги: а – Bi-10 мас. % Sn; б – Bi-42 мас. % Sn; в – Bi-80 мас. % Sn

В пересыщенной жидкой эвтектике происходит спинодальный распад, связанный с огромным числом небольших энергетических и концентрационных флуктуаций, в результате которых образуются дисперсные области, обогащенные разными компонентами и гомогенно распределенные в объеме расплава. Эти области затем становятся зародышами кристаллических фаз, и при кристаллизации формируется дисперсная структура с однородным распределением фаз. В пересыщенных жидких растворах, составы которых значительно отличаются от состава эвтектики, распад происходит в результате появления малого числа, но больших по уровню энергетических и концентрационных флуктуаций. Зародышеобразование в слое расплава, прилегающего к кристаллизатору, зависит от x . Кристаллизация начинается с этого слоя и сопровождается выделением теплоты, что приводит к уменьшению переохлаждения последующих слоев и укрупнению микроструктуры.

УДК. 621.791

ПОДГОТОВКА ИЗДЕЛИЙ ИЗ СЕРОГО ЧУГУНА ДЛЯ СВАРКИ ТРЕНИЕМ

Д. И. ЯКУБОВИЧ, И. А. ЛISOVAY
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Одной из основных трудностей сварки трением серого чугуна является наличие в его структуре большого количества углерода, который находится, в основном, в форме пластинчатого графита с объемным расположением в матрице, состоящей из феррита и перлита. При сварке трением наличие графитовых включений приводит к тому, что в стадии нагрева на торцах свариваемых изделий графит не успевает полностью выгореть и перейти в другое фазовое состояние. В результате образуется пленка из графита, которая будет играть роль смазывающего материала и уменьшать интенсивность нагрева изделия. На стадии проковки данная пленка не вытиснится из зоны соединения металла и окажет негативное влияние на образование общих межатомных связей в сварном соединении. Сваренные контрольные образцы из СЧ20 имели прочность не более 0,2 МПа, что говорит об отсутствии процесса сварки.

Для повышения прочностных характеристик сварных соединений предложено провести диффузионное хромирование кромок изделия с целью образования между оксидом хрома и углеродом твердого раствора хрома в α -железе и карбидной фазы.

Диффузионное хромирование кромок изделия проводили в стальном контейнере в засыпке порошком оксида хрома Cr_2O_3 при температурах 1000...1100 °С в течение 3 ч с последующим охлаждением на воздухе. После использования указанного режима на поверхности изделия был обнаружен слой высокопрочного хромистого чугуна толщиной до 0,7 мм.

Полагаем, что, если на поверхности основы чугуна происходила диссоциация оксида хрома $\text{Cr}_2\text{O}_3 = 2\text{Cr} + 3\text{O}$, то атомы хрома и углерода должны адсорбироваться и диффундировать вглубь. Поскольку скорость диффузии кислорода и углерода больше скорости диффузии хрома, то диффундирующий впереди хрома кислород окислит углерод основы и этим самым устранит препятствие для дальнейшего продвижения хрома вглубь сплава. Эксперимент также показал, что глубина залегания высокопрочного хромистого чугуна и его твердость зависят от температуры нагрева и времени выдержки при этой температуре.

В результате работы были установлены причины снижения прочности сварного соединения и разработана технология подготовки изделий из серого чугуна для сварки трением, заключающаяся в диффузионном хромировании торцевых частей заготовок.

УДК 621.791
УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЯЕМОГО
ПЕРЕНОСА ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ

С. В. БОЛОТОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Структурная схема экспериментальной установки для исследования процессов управляемого переноса электродного металла при дуговой сварке плавящимся электродом в среде защитного газа представлена на рис. 1.

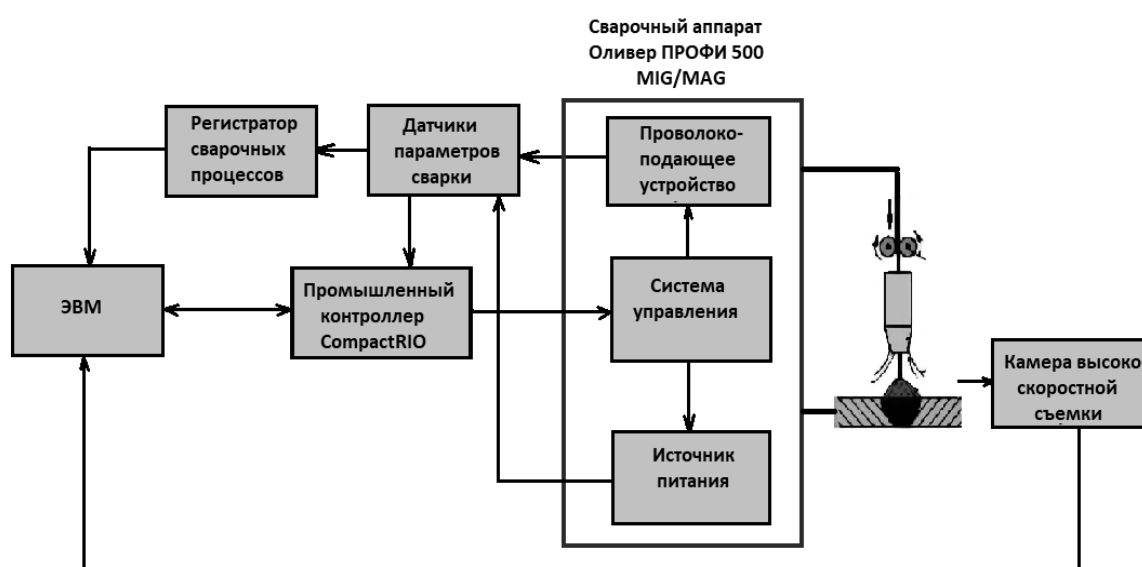


Рис. 1. Структурная схема установки

Установка реализована на базе инверторного сварочного аппарата Оливер «ПРОФИ» 500 MIG/MAG, предназначенного для сварки малоуглеродистых низколегированных и высоколегированных сталей, алюминиевых сплавов на токах до 500 А с диаметрами проволоки 1,2 и 1,6 мм. В источнике используется способ регулирования выходных параметров с помощью широтно-импульсной модуляции. Система управления сварочного аппарата выполнена на контроллере ATMEGA 128.

Силовая часть инвертора реализована на базе мостовой схемы (полный мост) на IGBT-транзисторах. Проведенные исследования показали, что силовая часть источника питания не нуждается в модернизации и позволяет при несущей частоте до 20 кГц обеспечить управляемый перенос электродного металла.

Проволокоподающее устройство реализовано на базе мото-редуктора 120SN10-CQ с малоинерционным двигателем постоянного тока

(с печатным якорем) с номинальным напряжением 24 В и током 5,5 А. Номинальная выходная частота вращения ведущего ролика составляет 195 об/мин, что обеспечивает скорость подачи проволоки до 20 м/мин. Исследования динамики привода подачи проволоки показали, что скорость подачи проволоки нестабильна, время переходных процессов составляет 300...500 мс, что недостаточно для управляемого переноса электродного металла за счёт импульсных воздействий на канал подачи проволоки и требует применения быстродействующих приводов на базе шаговых и вентильных двигателей.

В качестве датчиков параметров сварки предложено использовать:

- датчик мгновенных значений сварочного тока типа LT 1000-SI: 1...1000 А, приведенная погрешность 1 %;
- датчик мгновенных значений напряжения на дуге типа кабеля делителя 1:10: 2...100 В, приведенная погрешность 1 %;
- датчик скорости подачи проволоки типа ЛИР-158А: 0...20 м/мин, приведенная погрешность 5 %;
- датчик расхода защитного газа типа AWM5104: 0...20 л/мин, приведенная погрешность 1 %.

Визуализация показаний датчиков на ЭВМ осуществляется через регистратор РКДП-0401, выполненный на базе платы модуля ввода-вывода E14-440D для 14-разрядного аналого-цифрового преобразования. Блок гальванической развязки платы содержит широкополосные изолирующие усилители AD215BY с полосой пропускания до 120 кГц.

Для наблюдения за процессом управляемого переноса электродного металла использовалась камера высокоскоростной съемки Evercam 1000-4-C, позволяющая с помощью CMOS-сенсора вести съемку с частотой от 1000 до 22500 к/с.

Для реализации системы управления сварочным аппаратом задействована промышленная система сбора данных и управления процессами на основе технологии реконфигурируемого ввода-вывода ПЛИС CompactRIO 9063, осуществляющая работу в режиме реального времени. CompactRIO включает в себя контроллер с процессором Xilinx Zynq-7000 с частотой 667 МГц, шасси с ядром ПЛИС и модули: аналогового ввода сигналов с датчиков NI 9223 с максимальной частотой дискретизации 1 МГц; цифрового 32-канального ввода-вывода NI 9403 с минимальной длительностью формируемых сигналов 7 мкс для управления силовыми ключами сварочного источника питания.

Управляющая программа реализована на языке графического программирования NI LabVIEW.

УДК 621.791.1

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВАРНЫХ ТОЧЕЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

С. Н. ЕМЕЛЬЯНОВ, В. А. ПОПКОВСКИЙ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Одним из путей повышения производительности сварочных работ, снижения трудозатрат и улучшения условий труда является применение контактной точечной сварки. Однако для точечных сварных соединений характерна сравнительно низкая циклическая, и в отдельных случаях, ударная прочность. При этом повышение усталостной и ударной прочности данных соединений посредством увеличения числа точек и их диаметра во многих случаях не представляется возможным ввиду ограниченности размеров нахлестки и, кроме того, приводит к дополнительным затратам электроэнергии.

Статическую и циклическую прочность точечных соединений можно повысить за счёт снижения концентрации рабочих и остаточных напряжений. Этого достигают путем рационального размещения сварных точек и обоснованного уменьшения их количества, а также увеличения жесткости нахлестки, размещения под нахлесткой клеевой прослойки или припоя. Несущая способность двухточечных сварных соединений только на 40...50 % превышает таковую для односточечных. Основную нагрузку несут сварные точки, расположенные у края нахлестки, и они отвечают за несущую способность всей сварной конструкции.

Наиболее эффективными являются методы, снижающие концентрацию напряжений, повышающие усталостную прочность точечных соединений посредством наведения благоприятного поля остаточных напряжений. Распределение остаточных напряжений в точечном соединении зависит в основном от жесткости режима сварки и силового воздействия, передаваемого электродами сварочной машины. Также одним из путей повышения несущей способности точечных соединений является постановка сварных точек овальной формы с расположением их в соответствии с направлением действия внешней нагрузки.

Проведенные исследования показали, что, снизив концентрацию напряжений в зоне сварной точки с помощью вышеуказанных путей и создав благоприятное поле остаточных напряжений, можно повысить усталостную прочность в 1,8 раза, ударную и статическую прочность – на 25 %.

УДК 621.791.763.2

МЕЖВАЛИКОВЫЕ НЕСПЛАВЛЕНИЯ ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ В ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЯХ НА ОСНОВЕ АРГОНА

А. О. КОРОТЕЕВ, В. П. КУЛИКОВ, Е. А. ФЕТИСОВА

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Повышение требований, предъявляемых к качеству сварных соединений, а также применение новых материалов, свойства которых определяются сложными системами легирования и технологиями прокатки, все больше приводит к вытеснению углекислого газа, как наиболее распространенного для защиты зоны горения дуги, смесями на основе аргона. Несмотря на кажущуюся дороговизну такого подхода, в случае использования указанных материалов экономическая составляющая затрат на защитные газы не является определяющей.

Вместе с тем большинство отечественных предприятий, переходя на использование таких защитных газовых смесей ($\text{Ar} + \text{CO}_2$), сохраняют общие принципы и подходы, характерные для сварки в углекислом газе. Это касается, в первую очередь, отношения к подготовке кромок сварных соединений, зачистки отдельных валиков промежуточных слоев многопроходного шва, выбора параметров режима сварки и сварочных материалов.

Особенность использования защитных смесей и их существенное отличие от углекислого газа заключается в гораздо большей инертности газовой среды и, как следствие, её чувствительности к загрязнениям и участкам шлака на поверхности кромок свариваемых деталей, а также поверхности валика предыдущего слоя. Это может приводить к возникновению ряда внутренних дефектов.

Одним из наиболее опасных дефектов в этом случае, практически невыявляемым неразрушающими методами контроля в отличие от шлаковых и неметаллических включений, является дефект в виде несплавления между отдельными валиками и между валиком и оплавленной кромкой основного металла. Опасность такого дефекта состоит в том, что при наличии физического контакта между рассматриваемыми элементами на границе данного контакта отсутствует химическое объемное взаимодействие и наблюдается ликвационная неоднородность, что нарушает общие принципы и стадии образования сварного соединения. В связи с этим рассматриваемый участок оказывается ослабленным и снижает работоспособность сварного соединения, что при нагружении зачастую приводит к лавинообразному разрушению по всей плоскости поперечного сечения.

В докладе освещены основные факторы, причины и условия, приводящие к образованию несплавов при сварке конструкционных и низколегированных высокопрочных сталей в защитных смесях на основе аргона.

УДК 621.79

ОХРУПЧИВАНИЕ РАЗНОРОДНЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДАХ, СОДЕРЖАЩИХ ВОДОРОД

А. Г. ЛУПАЧЕВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В нефтехимическом производстве технологические трубопроводы, транспортирующие водородсодержащие газы, работают при температурах 510...560 °С. Столь высокие температуры вынуждают применять сталь 15Х5М, которая склонна к образованию холодных трещин. Поэтому сварку таких сталей выполняют по перлитной технологии (предварительный подогрев, сварка перлитными сварочными материалами, высокий отпуск) или по аустенитной (предварительный подогрев, сварка аустенитными сварочными материалами).

В обоих случаях происходит насыщение сварного шва водородом, который на этапе охлаждения сварного соединения диффундирует в зону термического влияния (ЗТВ), а затем в атмосферу. При перлитной технологии в зоне термического влияния структур закалки не наблюдается, поскольку выполняют высокий отпуск непосредственно после сварки. Это также способствует более быстрому удалению диффузионного водорода.

При аустенитной технологии количество продиффундировавшего водорода в ЗТВ значительно меньше ввиду более высокой растворимости водорода в аустенитном металле шва. Однако при такой технологии в ЗТВ наводятся остаточные сварочные напряжения.

Как известно, при высокотемпературной эксплуатации технологических трубопроводов, транспортирующих водородсодержащие газы, происходит насыщение металла водородом, который при штатной эксплуатации диффундирует через стенку трубопровода и удаляется в атмосферу.

В случае присутствия остаточных растягивающих сварочных напряжений в ЗТВ, что имеет место при аустенитной технологии сварки, растворимость водорода возрастает. Поэтому диффузионный водород в процессе эксплуатации трубопровода концентрируется в ЗТВ вблизи линии сплавления с аустенитным швом. Повышенная концентрация атомарного водорода вызывает его переход в молекулярную форму в местах различных несовершенств кристаллической решетки. Таким образом, совместное влияние диффузионного водорода и остаточного молекулярного водорода постепенно переводит ЗТВ сварного соединения в квазихрупкое состояние.

УДК 621.79

ОСОБЕННОСТИ ДУГОВОЙ СВАРКИ ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА ТОЛСТОСТЕННЫХ ТРУБ ИЗ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ

Н. М. ЛЮБАНЕЦ

Открытое акционерное общество «ПРОМТЕХМОНТАЖ»
Минск, Беларусь

А. Г. ЛУПАЧЕВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

С развитием химической и нефтехимической промышленности возникает необходимость модернизации действующих и строительства новых технологических установок. Применяются все более агрессивные среды, увеличиваются диапазоны рабочих температур и повышается давление в технологическом оборудовании и трубопроводах. Это способствует расширению сферы применения толстостенных трубопроводов из нержавеющей сталей.

Наиболее распространенными среди нержавеющей сталей аустенитного класса являются стали системы легирования Cr–Ni, Cr–Ni–Ti, Cr–Ni–Nb. К ним относятся такие марки сталей, как ASTM A312 Grade TP347/347H, ASTM A312 Grade TP304, 08X18H10, 08X18H10T, 12X18H10T и др.

Данный класс сталей относится к хорошо свариваемым, однако существует ряд металлургических процессов, снижающих свойства сварных соединений в результате термического цикла сварки:

- возможная потеря коррозионной стойкости из-за образования вторичных фаз;
- склонность к образованию горячих трещин;
- образование σ -фазы;
- 475-градусная хрупкость.

Для выполнения стыковых соединений трубопроводов большой толщины часто применяется комбинированная сварка (141 + 111), при которой корневой проход выполняется ручной дуговой сваркой неплавящимся вольфрамовым электродом (141), а заполняющие проходы – ручной дуговой сваркой плавящимся покрытым электродом (111). Данное сочетание способов сварки является хорошим при соединении трубопроводов относительно небольших диаметров (до 168 и 219 мм), а также для применения в монтажных условиях. Но при необходимости сварки трубопроводов больших диаметров, особенно в цеховых условиях, целесообразно применение автоматической дуговой сварки под слоем флюса либо ее комбинация с дуговой сваркой неплавящимся вольфрамовым электродом или с механизированной дуговой сваркой в среде

защитных газов, поскольку в этом случае значительно возрастет производительность сварки и обеспечится высокая степень повторяемости результата.

При большой толщине стенок соединяемых труб, для уменьшения количества наплавленного металла, целесообразно применение специфических разделок кромок, например, с двумя углами скоса кромки или узкой разделки.

Свойства сварных соединений при дуговой сварке под слоем флюса в значительной степени зависят от выбора сварочных материалов.

Так, к примеру, работоспособность сварных соединений в условиях низких температур зависит от пластичности и вязкости металла шва, которые в свою очередь связаны со степенью основности флюса. Показателем основности флюса является параметр, называемый индексом основности. Среди существующих формул наиболее распространена и общепринята следующая:

$$B = \frac{\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaF}_2 + \frac{1}{2}(\text{MnO} + \text{FeO})}{\text{SiO}_2 + \frac{1}{2}(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2)}. \quad (1)$$

В зависимости от величины индекса флюсы принято разделять на группы, представленные в табл. 1.

Табл. 1. Группы основности флюсов

Кислый	$B < 0,9$
Нейтральный	$B = 0,9 \dots 1,2$
Основной	$B = 1,2 \dots 2,0$
Высокоосновный	$B > 2,0$

С повышением индекса повышаются значения ударной вязкости при более низких температурах.

Для снижения негативного влияния термического цикла сварки под флюсом необходимо обеспечить дополнительное охлаждение сварного соединения, а при наличии такой возможности – провести термическую обработку после окончания процесса сварки.

Таким образом, автоматическая дуговая сварка под слоем флюса (или ее сочетание с некоторыми другими дуговыми способами сварки) дает возможность получить качественные сварные соединения с требуемыми свойствами за значительно более короткие сроки и с более низкой квалификацией сварщика, что позволяет уменьшить стоимость изготовления трубного узла.

УДК 621.791.763.2

О СОПРОТИВЛЕНИИ МЕЖЭЛЕКТРОДНОЙ ЗОНЫ ПРОЦЕССА КОНТАКТНОЙ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ

А. Ю. ПОЛЯКОВ, А. А. СТЕПАНОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Контактная рельефная сварка (далее – КРС) является способом сварки давлением, при котором формирование неразъемного соединения происходит в результате пропускания импульсов тока через детали, сжатые между электродами контактной машины, причем на одной или на нескольких из деталей предварительно имеются выступы (рельефы).

Для получения бездефектного рельефного соединения достаточной прочности нужно обеспечить введение в межэлектродную зону (при влиянии на нее многочисленных возмущающих воздействий) количества энергии, необходимого и достаточного как для полезного нагрева металла свариваемых деталей, так и для теплоотвода в близлежащие слои холодного металла деталей и материала сварочных электродов.

Принимая во внимание тот факт, что сопротивление межэлектродной зоны R_{Σ} является динамично изменяющимся в процессе сварки, а также включает в себя собственные сопротивления свариваемых деталей и сопротивления контактов («деталь – деталь», «электрод – деталь»), весьма затруднен функциональный учет такого характера изменения кривой R_{Σ} при расчете требуемой величины сварочного тока по закону Джоуля – Ленца.

По этой причине исследователи процесса КРС ранее приняли следующее допущение: после определения по уравнению теплового баланса расчетной величины энергии, необходимой для ввода в межэлектродную зону, требуемую величину тока можно определять исходя из приблизительного, установившегося значения R_{Σ} в момент выключения тока.

Однако стоит отметить, что данные (рекомендуемые) значения R_{Σ} , приведенные в нескольких источниках литературы, установлены не для процесса КРС, а для точечной сварки соединений, состоящих из равнотолщинных листовых деталей конкретных материалов и толщин.

При этом наличие рельефов на свариваемых деталях изменяет значения сопротивлений контактов «деталь – деталь» и «электрод – деталь» при КРС в сравнении с точечной сваркой, что влияет не только на установившееся значение R_{Σ} в момент выключения тока, но и на весь характер изменения кривой R_{Σ} в процессе сварки.

Аналого-цифровой анализ сигналов процесса КРС позволит установить функциональную зависимость $R_{\Sigma} = f(\tau_{\text{св}})$ для решения указанной проблемы ($\tau_{\text{св}}$ – длительность протекания импульса тока).

УДК 621.791
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ
ПРИ СВАРКЕ ТИТАНА

М. Ж. СОЛОДКОВ, А. Н. СИНИЦА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

На машиностроительных предприятиях РБ производство конструкций из титана занимает особое место. Например, в сравнении с конструкциями из низколегированной стали, оно обходится намного дороже. И тому есть ряд причин: стоимость основных и сварочных материалов, дополнительные требования к технологическому процессу, способу сварки, рабочим, ИТР, оборудованию и т. д. В связи с этим допущенные, даже небольшие, на каком-то из этапов производства ошибки могут привести к значительному удорожанию проекта. В то же время технологический процесс изготовления таких конструкций должен быть оптимальным.

Проблемы при сварке титана известны. В первую очередь они связаны с его высокой химической активностью по отношению к газам при нагреве (350 °С и выше) и расплавлении. Существует множество способов решения данной проблемы. Одним из них является обдув расплавленного металла и нагретых участков инертным защитным газом. Зачастую для обдува нагретых участков используют дополнительные специальные приспособления.

Компьютерное моделирование позволяет определить размеры таких участков с учетом способа сварки, различных значений режимов, формы разделки кромок, типа соединения. При многопроходном выполнении сварного соединения и выполнении угловых швов вопрос определения данных участков поднимается особо остро и определить их обычными способами проблематично.

Объектом исследования выбрана крышка сгустителя глинистого шлама. Детали и сборочные единицы крышки изготовлены из титана марки ВТ1-0 по ГОСТ 19807–91. Основной сборочной единицей является фланец, который состоит из 8 секторов прямоугольного проката толщиной 28,0 мм. Сварка осуществляется 141 способом, соединение С15 по ГОСТ 14771–76.

В результате работы были проведены: ряд экспериментов по валидации источника нагрева; компьютерное моделирование многопроходной сварки стыка фланца; анализ температурных полей при последовательном выполнении сварки. Это позволило оптимизировать технологический процесс сварки фланцев за счет уменьшения общего расхода защитного газа при выполнении одного стыка шва.

И. В. ТАРАСЕНКО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Под патентной чистотой объектов сварочной техники понимают возможность ее использования на территории конкретной страны без нарушения исключительных прав действительных патентообладателей.

Здесь следует понимать, что патент, выданный конкретным патентным ведомством на объект промышленной собственности, имеет территориальное действие. Следовательно, исследование патентной чистоты объектов может проводиться в отношении патентов, действующих как на территории одной конкретной страны, так и ряда стран. Все зависит от условий патентования, т. е. от того, в каком патентном ведомстве зарегистрирован данный патент: конкретной страны или ряда стран мира; Евразийском патентном ведомстве; Европейском патентном ведомстве.

Кроме того, анализ патентной чистоты проводится на конкретную дату, что связано с временным действием патентов.

При анализе патентной чистоты объектов сварочной техники, а к ним относятся сварочное оборудование, материалы, технологические процессы, а также техническая документация, можно выделить несколько направлений:

- проверка на мировую новизну вновь разрабатываемых технических решений при подаче заявок на изобретения, полезные модели, промышленные образцы, товарные знаки, географические указания;
- исследование патентной чистоты объектов сварочного производства в целом или их составляющих при разработке конструкций, материалов, технологий и документации, не подпадающих под определение изобретения, полезной модели или промышленного образца;
- использование уже готовых объектов, в состав которых могут входить элементы, охраняемые патентами или свидетельствами.

При исследовании патентной чистоты объектов сварочной техники необходимо также понимать, что порочить новизну конкретного технического решения могут все сведения, ставшие общедоступными до даты подачи заявки в патентное ведомство. К ним относятся техническая и патентная литература, выставочные экспонаты, опубликованные заявки на изобретения и любые другие источники, доступные для неопределенного круга лиц.

УДК 621.791.763.2
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОДИСПЕРСТНЫХ ДОБАВОК
В СОСТАВЕ ЗАЩИТНОГО ГАЗА ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ

Е. А. ФЕТИСОВА, А. О. КОРОТЕЕВ, В. П. КУЛИКОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Сварка в защитных газах является основным способом, используемым на предприятиях Республики Беларусь. В качестве защитной газовой среды на отечественных предприятиях все чаще используются защитные газовые смеси на основе аргона ($\text{Ar} + \text{CO}_2$). Это обусловлено не только более высокими показателями пластичности и ударной вязкости металла сварного шва по сравнению с соединениями, выполненными в среде углекислого газа, но и возможностью сварки современных сталей с комплексными системами микролегирования, позволяющими повысить прочность при сохранении показателей пластичности и свариваемости.

Такие стали, как правило, применяются при изготовлении тяжело нагруженных элементов конструкций и позволяют существенно снизить металлоемкость. Особенностью их изготовления является контролируемая температура прокатки, выполняемой в горячем состоянии, что в комплексе со специальной системой микролегирования дает возможность получить структуру игольчатого феррита с карбидным упрочнением (мартенсита) и бейнита, обладающую высокой прочностью и пределом текучести (до 700...900 МПа) при сохранении необходимого уровня пластичности.

Традиционно сварка таких сталей связана с рядом трудностей. Наиболее актуальной из них является повышенная склонность металла шва и околошовной зоны к возникновению холодных трещин, а также трещин по механизму замедленного разрушения из-за повышенной чувствительности материала к водороду и его низкой диффузионной подвижности.

Одним из перспективных подходов к решению указанных недостатков является введение в зону сварки нанодобавок в виде нанодисперстных частиц, наносимых на поверхность сварочных проволок, а также вводимых непосредственно в струю защитного газа. Несмотря на некоторые попытки исследований в этом направлении, практически все они имеют целью на изменение микроструктуры шва сварного соединения путем введения нанодисперстных модификаторов в виде тердосплавных частиц, являющихся центрами кристаллизации в жидкой сварочной ванне.

Попытки введения добавок, целью которых является изменение условий плавления проволоки и переноса электродного металла, а также взаимодействие с водородом, находящимся в атмосфере дуги,

малочисленны и не позволяют оценить перспективы такого способа и его практическую значимость.

Как было исследовано ранее, перспективным направлением совершенствования дуговой сварки в защитных газах является реализация двухструйной независимой коаксиальной подачи компонентов защитной газовой смеси в зону горения дуги. При этом струя защитного газа посредством специального сопла функционально разделяется на два независимых потока: центральный поток аргона и кольцевой периферийный поток углекислого газа.

Такой способ позволяет улучшить технологические характеристики процесса за счет более эффективного распределения компонентов смеси в общем потоке защитного газа и их оптимальном соотношении в области торца плавящейся электродной проволоки, столба дуги и активном катодном пятне на поверхности расплавленного металла сварочной ванны.

Новым направлением развития данной работы является введение в центральную струю различных газообразных добавок, цель которых – изменение характера переноса электродного металла и воздействие на формирование микроструктуры сварного соединения.

Важно отметить, что при таком способе создания защитной газовой атмосферы центральный поток состоит из чистого аргона и является абсолютно инертным с точки зрения взаимодействия с рассматриваемыми добавками. При этом благодаря активным процессам ионизации образующиеся ионы компонентов добавок будут стремиться попасть в сварочную ванну, что делает возможным применение широкого круга химических соединений без опасения токсичности их аэрозолей, особенно в условиях надежной кольцевой газовой защиты периферийным потоком углекислого газа большой скорости.

В докладе приведены результаты обзора существующих способов введения нанодобавок в струю защитного газа, составов вводимых элементов и химических соединений, а также их влияние на технологические характеристики процесса сварки. Отмечено, что перспективным является введение соединений, содержащих в своем составе F. Это позволяет связать водород в атмосфере дуги в нерастворимые в жидкой сварочной ванне соединения, что выступает одним из ключевых моментов при сварке высокопрочных сталей.

Кроме того, F является элементом, существенно повышающим скорость протекания диффузионных процессов в сварочной ванне, особенно в ионизированной форме, что благоприятно сказывается на формировании микроструктуры и позволяет повысить производительность процесса сварки.

УДК 621.791.763.2
РАЗРАБОТКА СПОСОБА РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ С АДАПТИВНЫМ
УПРАВЛЕНИЕМ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

С. М. ФУРМАНОВ, И. Н. СМОЛЯР, С. Ф. МЕЛЬНИКОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Совершенствование термдеформационного цикла контактной рельефной сварки, в силу кратковременной осадки рельефа, требует оптимизации ввода электрической энергии в межэлектродную зону за счет использования обратных связей по таким параметрам, как мощность тепловложения P , перемещение подвижного электрода $h_{эл}$ и усилие сжатия электродов F , что предполагает применение пускорегулирующей аппаратуры, позволяющей реализовывать адаптивное управление процессом сварки. Главной задачей такого управления является обеспечение стабильного высокого качества формируемых сварных соединений без прерывания технологического цикла.

Иллюстрацией адаптивного управления является предложенный способ контактной рельефной сварки с коррекцией мощности тепловложения в межэлектродную зону.

Мощность тепловложения $P_{под}$ и усилие $F_{под}$ при подогреве оказывают решающее влияние на степень разогрева контакта «деталь – деталь». Эти величины связаны между собой таким образом: уменьшение усилия $F_{под}$ требует пропорционального снижения подводимой мощности $P_{под}$ для регулирования степени разогрева контактов и избежания выплесков. Поэтому в системе происходит периодический замер усилия $F_{под}$, на основании которого корректируется заданная табличная мощность $P_{23ад}$ введением коэффициента пропорциональности $k_{сж}$, т. е. $P_{под} = k_{сж} \cdot P_{23ад}$.

При подогреве происходит перемещение электрода до момента достижения высоты зазора $h_{з.под}$, что можно использовать для определения момента начала нарастания мощности сварки и усилия сжатия.

Время нарастания мощности сварки $t_{нар}$ должно согласовываться с характером перемещения верхнего электрода. Для этих целей может использоваться датчик перемещения ДП, который с помощью преобразователя сигнала перемещения ПСП воздействует на заданное значение мощности тепловложения $P_{23ад}$ через коэффициент датчика перемещения $K_{д.п.}$. Поэтому время нарастания мощности $t_{нар}$ может изменяться в зависимости от скорости деформации рельефа. Но в любом случае время $t_{нар}$ должно быть больше времени нарастания усилия сжатия электродов до максимального значения $F_{св}$, необходимого для введения в зону сварки максимальной мощности тепловложения $P_{св}$, иначе вероятность появления выплесков значительно повысится.

УДК 621.791.763.2

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ОБРАТНОГО ВАЛИКА СТЫКОВОГО СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ НА ТОНКОСТЕННЫХ КОРПУСАХ КОНУСНО-ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ИЗ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Al–Mg–Cu

И. И. ЦЫГАНКОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

При сварке стыковых сварных соединений тонкостенных корпусов коническо-цилиндрической формы из термоупрочняемых алюминиевых сплавов типа Д16, Д16Т, Д19 системы легирования Al–Mg–Cu, имеющих соответственно высокую прочность, по сравнению со сплавами систем легирования Al–Mg, и сравнительно низкую пластичность, существует большая вероятность образования трещин.

Перспективным способом сварки рассматриваемых материалов является дуговая сварка в защитных газах с реверсивной подачей проволоки. Эта технология позволяет существенно снизить тепловложение в основной металл, что при сварке термоупрочняемых сплавов выступает одним из важнейших условий получения качественного сварного соединения и уменьшает вероятность образования трещин по шву и зоне термического влияния.

Основным направлением исследований, результаты которых изложены в докладе, являются величина зазора, типы разделки, а также качество подготовки поверхности свариваемых частей корпуса при автоматической дуговой сварке в инертном защитном газе с реверсивной подачей сварочной проволоки (СМТ).

В результате исследований установлено, что формирование обратного валика на стыковом соединении при зазорах размерами $1,0^{+1,0}$ проблематично, т. к. необходимо снижение силы сварочного тока, что приводит к уменьшению глубины проплавления основного металла и, соответственно, снижению прочности сварного соединения. Это подтверждается результатами механических испытаний образцов сварных соединений на статическое растяжение и статический изгиб, а также макрометаллографическими исследованиями.

Оптимальные результаты по формированию обратного валика на сварных стыковых соединениях получены при величине зазора $0^{+0,3}$. Сварные соединения не содержат внутренних дефектов и при механических испытаниях выдерживают нагрузки, соответствующие пределу прочности присадочного материала. Подобраны оптимальные режимы сварки элементов корпуса для толщин 2,4...3,4 мм, позволяющие получить формообразование обратного валика при автоматической сварке с реверсивной подачей присадочной сварочной проволоки.

УДК 621.791.763.2
О ФОРМИРОВАНИИ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ Т-ОБРАЗНОЙ РЕЛЬЕФНОЙ
СВАРКЕ ПЛИТЫ ПЕРЕХОДНОЙ СИДЕНЬЯ ТРОЛЛЕЙБУСА

Д. Н. ЮМАНОВ, Л. В. ЯКОВЕНКО, В. Г. ЧЕШКИН
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

На ОАО «Белкоммунмаш» при производстве плиты переходной сиденья троллейбуса используется конструкция, состоящая из пластины (горячекатаная сталь Ст3пс) толщиной 4 мм и восьми оцинкованных винтов М8 (ГОСТ 17475–80). Ранее при изготовлении данного узла была предложена замена дуговой механизированной сварки на контактную рельефную. Для реализации процесса рельефной сварки разработаны циклограммы с импульсом подогрева и постоянным усилием сжатия, а также с пониженным усилием сжатия при подогреве и повышенным усилием сжатия при сварке и проковке. Были проведены экспериментальные исследования по определению прочности сварных соединений, полученных рельефной сваркой. Значения прочности соединений, сваренных по заданным циклограммам, оказались нестабильными.

Дальнейшие эксперименты показали, что значительного эффекта повышения прочности можно достичь при следующих параметрах режима: $I_{\text{под}} = 9,6 \text{ кА}$; $I_{\text{св}} = 18,9 \text{ кА}$; $F_{\text{под}} = 3 \text{ кН}$; $F_{\text{св}} = F_{\text{ков}} = 10 \text{ кН}$; $\tau_{\text{под}} = \tau_{\text{св}} = 0,3 \text{ с}$, при этом среднее значение усилия на отрыв $F_{\text{отр}}$ при отсутствии выплесков составило 22,8 кН при разбросе от 17,8 до 30,12 кН. На образцах с сильными выплесками $F_{\text{отр}}$ составило 10,32 и 14,57 кН.

Исходя из анализа экспериментальных данных, можно сделать вывод, что величина тока $I_{\text{под}}$ и усилия $F_{\text{под}}$ на этапе подогрева оказывают решающее влияние на степень разогрева окалины и ее вытеснение из зоны контакта свариваемых деталей.

Таким образом, при рельефной сварке горячекатаной стали с оцинкованными винтами из-за значительного влияния отклонений параметров режима на прочность сварных соединений требуется стабилизация мощности тепловложения в межэлектродную зону.

Для определения влияния параметров термомодеформационного цикла рельефной сварки и мощности вводимой электрической энергии на формирование сварного соединения производился анализ микроструктуры сварных соединений при использовании различных циклограмм сварки. Микрошлифы сварных соединений изготавливались с применением наждачной бумаги зернистостью от Р80 до Р2500 и дальнейшей полировкой образцов по методике, описанной в ГОСТ 5640–68. Результаты металлографических исследований позволили уточнить характер формирования соединений на различных этапах процесса.

УДК 621.791

УВЕЛИЧЕНИЕ ТВЕРДОСТИ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КАРБИДОВ В ПОКРЫТИИ ЭЛЕКТРОДОВ

Д. И. ЯКУБОВИЧ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Существенное влияние на свойства наплавленного металла сварного шва оказывают фазовый состав и структура матрицы, в которой находятся карбидные включения. С точки зрения общей твердости металла образующая матрица должна одновременно удерживать упрочняющую фазу и сама иметь высокую твердость. Учитывая фазы, образующиеся в сталях, таким свойствам в меньшей степени соответствует твердый раствор (феррит) и в большей степени – механическая смесь (перлит) или высоколегированный аустенит. Увеличение эффективной работоспособности карбидов связано с возникновением когерентной связи между кристаллическими решетками карбидов и матрицы.

При металлографических исследованиях наплавленных швов было установлено, что добавление 5 % карбида кремния привело к измельчению структуры в 2...3 раза и снижению количества ферритной составляющей.

Добавление в покрытие электродов 20 % карбида кремния вместо 20 % ферросилиция привело ещё к большему измельчению структуры. Все зерна имели вид феррито-карбидной механической смеси.

Изменение структуры и увеличение содержания механической смеси привело к повышению твердости наплавленного металла на 15...20 %.

Металлографический анализ структур на оптическом микроскопе при увеличении $\times 500$ позволил установить причины повышения твердости. При рассмотрении швов, выполненных разработанными электродами, выявлен значительный рост количества частиц, не поддавшихся травлению, имеющих белый цвет и размеры до 10 мкм. Предположительно, легированный цементит.

Таким образом, сопоставляя полученные результаты, можно констатировать, что использование SiC возможно как в виде легирующих, так и в виде модифицирующих добавок. Определены направления дальнейших исследований в области разработки новых химических составов покрытий электродов, позволяющих получить новые свойства наплавленного металла.

УДК 629.114.2
ДЕФЕКТЫ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ И МЕТОДЫ
ИХ ВЫЯВЛЕНИЯ

Г. Л. АНТИПЕНКО, В. А. СУДАКОВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В гидромеханических трансмиссиях (ГМТ) применяются гидродинамические передачи, у которых отсутствуют жесткие связи между источником энергии и ее потребителями – механическими вальными и планетарными коробками передач с фрикционными муфтами и тормозами переключения ступеней. Применяемость машин с гидромеханической трансмиссией, имеющей в своем составе коробку передач с гидротрансформатором, зависит от региона. Так, в Европе около 20 % легковых автомобилей имеют гидромеханическую трансмиссию, в то же время в США их доля составляет порядка 80 %.

Неисправности автоматической коробки передач сопровождаются определенными внешними признаками, к которым относятся: пробуксовка (слабая динамика) или потеря скорости при большой нагрузке вращающим моментом; рывки (удары) при переключении передач из-за износа или отслоения фрикционных элементов; движение автомобиля при выключенной передаче из-за поводок в выключенных фрикционах; шум при работе (скрип, скрежет, грохот, свист, стук, вибрации и др.) из-за поломок фрикционов или зубьев шестерен, износа подшипников; утечка рабочей жидкости из-за нарушения герметичности. К неисправностям автоматической коробки передач следует отнести также ухудшение преобразовательных свойств комплексного гидротрансформатора, снижение КПД коробки передач из-за неисправности муфт свободного хода реакторных колес, неравномерность вращения выходного вала. Неисправностями электронной системы управления коробкой передач являются: отсутствие движения вперед или назад из-за нарушения целостности электрической проводки и соединений (замыкание, окисление, отсутствие контакта), неисправности датчиков системы управления, несвоевременное переключение ступеней или блокировки гидротрансформатора, затянутость включения или резкое включение передач из-за неисправности клапанов плавности или исполнительных устройств системы управления (пропорциональных клапанов).

Диагностика ГМТ начинается с чтения кодов ошибок, записанных в бортовом компьютере, сканером или мотортестером. Но поскольку код ошибки не позволяет сразу установить неисправность, то далее используются справочники или экспертные системы для выявления причин возникновения данного вида ошибки. Что касается локализации неисправностей механической части ГМТ, то в настоящее время отсутствуют методы и ал-

горитмы для их компьютерной диагностики. Постановка окончательного диагноза неисправной гидромеханической коробки передач предполагает комплексный подход, который включает последовательное проведение специальных тестов, оценки качества масла, разборки и дефектовки деталей трансмиссии.

Анализируя параметры, принятые для оценки технического состояния элементов трансмиссий, можно заметить, что все они связаны с изменением относительного углового положения ведущего и ведомого валов трансмиссии. Так, суммарный угловой зазор, характеризующий боковой износ рабочих поверхностей зубьев, при движении по неровностям дороги вызывает колебания относительных угловых перемещений ведомого и ведущего валов на величину этого зазора. Это явление отражается на кинематической погрешности передачи.

Поломка или дефект зуба в коробке передач вызовет неравномерность вращения ведомого вала в виде периодических относительных перемещений валов, величина и период которых будут зависеть как от размера дефекта, его местонахождения в кинематической цепи трансмиссии, так и от режима работы трансмиссии.

Износ подшипников или неравномерный износ зубчатых передач вызывают гармонические изменения кинематической погрешности, амплитуда и период которой также будут зависеть от местонахождения дефектного элемента в кинематической цепи трансмиссии.

Буксование фрикциона гидромеханической передачи также отражается на появлении относительных угловых перемещений ведущего и ведомого валов. Это явление можно использовать для оценки длительности процесса буксования при переключении ступеней, которая отражает характер процесса управления, – резкое включение или плавное.

Как видно, многие дефекты трансмиссии отражаются в кинематической погрешности и, если ее взять за диагностический параметр, эти дефекты легко можно идентифицировать. Современные компьютерные средства позволяют определять малейшие относительные перемещения ведущего и ведомого валов импульсным методом, анализируя поворот ведомого вала на один импульс в количествах импульсов высокочастотного опорного сигнала, генерируемых датчиком угла поворота ведущего вала. Но для этого необходима разработка как тестовых воздействий на трансмиссию, так и алгоритмов анализа результатов измерений. Для определения суммарного углового зазора в ГМТ тестовым воздействием будет торможение двигателем, когда силы инерции выбирают этот зазор, а алгоритм определения его величины будет включать подсчет числа импульсов опорного сигнала за количество импульсов выходного за время тестового воздействия и сравнения их с теоретическим. Буксование фрикциона обнаружится, если количество опорных импульсов в каждом выходном превысит теоретическое, износ подшипников – по величине отклонений от теоретического и т. д.

УДК 629.114.2:621.828.6
О ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОЦЕССА
ПОВОРОТА ГУСЕНИЧНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ

Е. И. БЕРЕСТОВ, А. В. КУЛАБУХОВ, В. В. КУТУЗОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Техническое развитие в дорожном строительстве сложно представить без модернизации конструкций машин. В условиях Беларуси строительство дорог сопряжено с определенными сложностями, т. к. достаточная площадь поверхности приходится на грунты с невысокой несущей способностью и использование машин круглый год на таких территориях обусловлено трудностями, связанными с проходимостью и необходимостью развития больших тяговых усилий. Поэтому при возведении земляного полотна дорог значительную часть работ выполняют машины с гусеничным двигателем.

Обзор разнообразных типов машин с гусеничным двигателем в реальных условиях эксплуатации показал, что одним из нагруженных и энергоемких режимов при их движении является процесс поворота.

Для снижения энергозатрат при повороте машины с гусеничным двигателем предлагается один или несколько опорных катков установить с возможностью перемещения ниже опорной поверхности посредством силового устройства, установленного на раме машины.

Такое решение обеспечит вывешивание отстающего гусеничного двигателя на одном или нескольких опорных катках при повороте транспортного средства. При этом части гусеничной ленты, расположенные под ведомым и ведущим колесами, а также под остальными опорными катками не будут взаимодействовать с опорной поверхностью при повороте машины, что позволит снизить сопротивление, возникающее при повороте.

Предлагаемый двигатель работает следующим образом. При необходимости поворота водитель или специальные датчики осуществляют выдвижение одного или нескольких опорных катков. В результате отстающий гусеничный двигатель вывешивается на выдвинутых опорных катках. После осуществления поворота выдвинутые опорные катки занимают свое исходное положение.

УДК 629.113
ОБЗОР СХЕМ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКИХ
КОРОБОК ПЕРЕДАЧ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

Н. Н. ГОРБАТЕНКО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В рамках ГНТП «Разработать и освоить производство передачи гидромеханической мощностью до 500 кВт с автоматическим управлением и системой диагностирования для строительно-дорожной и подземной техники» был выполнен обзор принципиальных схем гидравлических систем автоматических коробок передач (АКП) мощностью от 300 до 500 кВт, поставляемых на рынки ведущими зарубежными компаниями (ZF, ALLISON, DANA SPICER, CATERPILLAR, KOMATSU). Цель обзора заключалась в выявлении типовых схемных решений, используемых при проектировании гидравлических систем АКП фронтальных погрузчиков.

По итогам данного обзора можно сделать следующие выводы:

- основной принцип построения структуры гидравлической системы АКП состоит в выделении отдельных функций, реализуемых системой, и оформлении их в виде отдельных гидравлических контуров (принцип разделения системы на отдельные гидравлические контуры по выполняемым функциям);

- в состав любой АКП входят следующие гидравлические контуры: подачи и очистки рабочей жидкости; подпитки и охлаждения гидротрансформатора; смазки коробки передач; управления фрикционными коробки передач; управления блокировочной муфтой гидротрансформатора; управления модулирующей муфтой насосного колеса гидротрансформатора (только при её наличии);

- в качестве источника питания в гидросистемах АКП используют, как правило, насос постоянной подачи с переливным клапаном, установленным в напорной линии насоса параллельно. Необходимую чистоту рабочей жидкости при эксплуатации АКП поддерживают с помощью полнопоточного фильтра;

- рабочую жидкость в лопастную систему гидротрансформатора подают из сливной линии переливного клапана главного давления. Необходимый уровень давления в круге циркуляции поддерживают совместной работой двух клапанов: предохранительного, устанавливаемого в напорной линии гидротрансформатора, и подпорного клапана, устанавливаемого в сливной линии гидротрансформатора. Отбор рабочей жидкости для охлаждения гидротрансформатора осуществляют из области повышенного давления в круге циркуляции (за турбинным колесом), а подачу рабочей

жидкости в круг циркуляции выполняют в область пониженного давления (перед насосным колесом);

- для управления фрикционами коробки передач используют двух-каскадные трёхлинейные пропорциональные клапаны давления. Пилотный каскад выполняют в виде переливного клапана с шариковым запорно-регулирующим элементом и пропорциональным электромагнитным управлением. Второй каскад представляет собой регулятор золотникового типа с обратной связью по давлению в канале фрикциона. Эти клапаны подают рабочую жидкость в цилиндры фрикционов под давлением, пропорциональным силе тока, протекающего по обмотке электромагнита. Регулирование силы тока осуществляется контроллером АКП с помощью метода широтно-импульсной модуляции;

- с целью повышения точности слежения выходного давления пилота за изменением входного электрического сигнала и для уменьшения времени отклика пилота при переключении ступеней, когда главное давление резко падает вследствие заполнения цилиндра фрикциона, пилотные клапаны в отдельных случаях запитывают от контура пониженного давления, в котором с помощью редукционного клапана поддерживается давление примерно в два раза ниже главного давления;

- обычно каждый фрикцион коробки передач управляется отдельным пропорциональным клапаном. Если использование некоторых фрикционов является взаимоисключающим (например, фрикционов переднего хода и реверса), то для управления ими применяют один пропорциональный клапан давления, выход которого попеременно подключается к одному из фрикционов через двухпозиционный электромагнитный мультиплексорный клапан. Данное решение позволяет уменьшить количество дорогостоящих пропорциональных клапанов в гидросистеме, а следовательно и её стоимость;

- в базовом исполнении погрузчики KOMATSU и CATERPILLAR комплектуются модулирующей муфтой, устанавливаемой между двигателем и насосным колесом гидротрансформатора. Модулирующая муфта предназначена для уменьшения энергии, передаваемой от двигателя к гидротрансформатору, с целью снижения силы тяги на ведущих колёсах за счёт регулирования степени скольжения муфты. Модулирующая муфта может находиться в замкнутом состоянии или в состоянии скольжения. В замкнутом состоянии муфты вся энергия, вырабатываемая двигателем передаётся гидротрансформатору, а в состоянии скольжения – только её часть, определяемая степенью скольжения дисков муфты. Переход муфты из одного состояния в другое может осуществляться вручную по команде водителя путем воздействия на левую педаль тормоза, либо в автоматическом режиме по командам контроллера, подаваемым на пропорциональный клапан давления обратного действия.

УДК 621.926

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ВИБРОСТЕРЖНЕВОМУ УПРОЧНЕНИЮ ДЕРЕВЯННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

А. В. ГУРКИНА, Л. А. СИВАЧЕНКО

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Для Беларуси древесина является достаточно распространенным строительным материалом. Так, по данным Министерства лесного хозяйства, площадь лесов Беларуси на 2018 г. составила 39,8 %, что соответствует 82609 км².

Для проведения исследований потребовались образцы пород древесины, состав для покрытия, установка для проведения исследований, а также прибор для определения механических свойств материалов ПИМ.

На выбор древесины для проведения экспериментов влияло несколько факторов. Во-первых, степень распространения в нашей стране. Во-вторых, свойства породы древесины.

Так, были выбраны мягкие хвойные породы – сосна и ель; лиственные породы: мягкие – липа, ольха и твердые – дуб и береза. После выбора древесины подготавливались образцы заданных параметров, с гладкой ровной поверхностью, на которую наносилось покрытие, в нашем случае это лак для древесины.

Затем, до высыхания лака, каждый образец подвергался стержневому воздействию на поверхность силой 4 Н. Количество воздействий для каждой из пород определялось исходя из первоначальной твердости. Стержневое воздействие проводилось на экспериментальной установке, общий вид которой представлен на рис. 1, а.

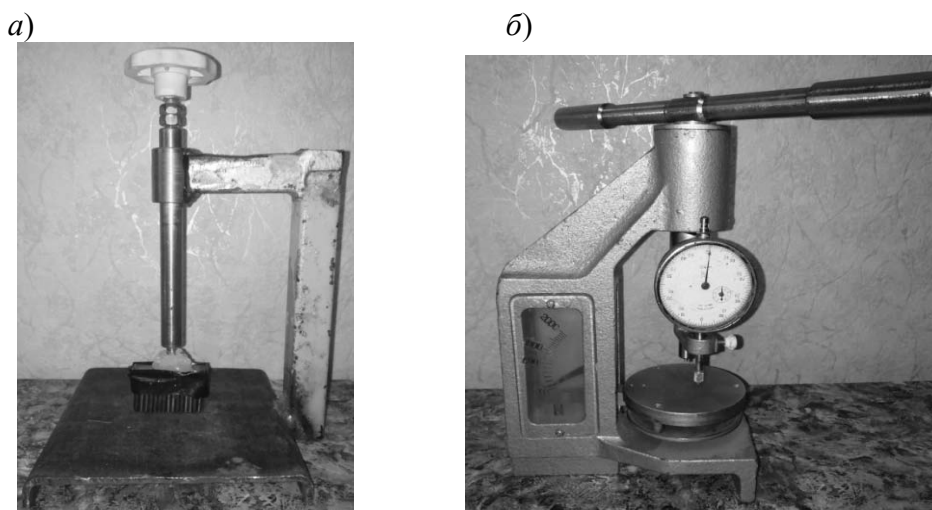


Рис. 1. Общий вид приборов для проведения экспериментов: а – экспериментальная установка; б – прибор для определения механических свойств материалов

После проведения стержневого воздействия и полного высыхания лака для каждого образца определялась твердость при помощи прибора для определения механических свойств ПИМ, общий вид которого представлен на рис. 1, б. Данный прибор использовался для измерения твердости образцов до проведения экспериментальных исследований, а также после покрытия поверхности лаком.

При обработке результатов данные поисковых исследований показали, что наибольшее увеличение твердости произошло для образца древесины сосны, которое составляет 48,46 %. Менее подвержены стержневому воздействию образцы березы, ольхи и вяза (27,80; 27,61 и 26,71 % соответственно). Увеличение твердости на 17,88 % показал образец ели. Наиболее трудно поддались изменению твердости образцы дуба и липы (6,45 и 4,94 % соответственно). На рис. 2 показаны образцы после стержневого воздействия на мягкие хвойные породы на примере сосны, на мягкие лиственные породы (ольха) и твердые лиственные породы (вяз).

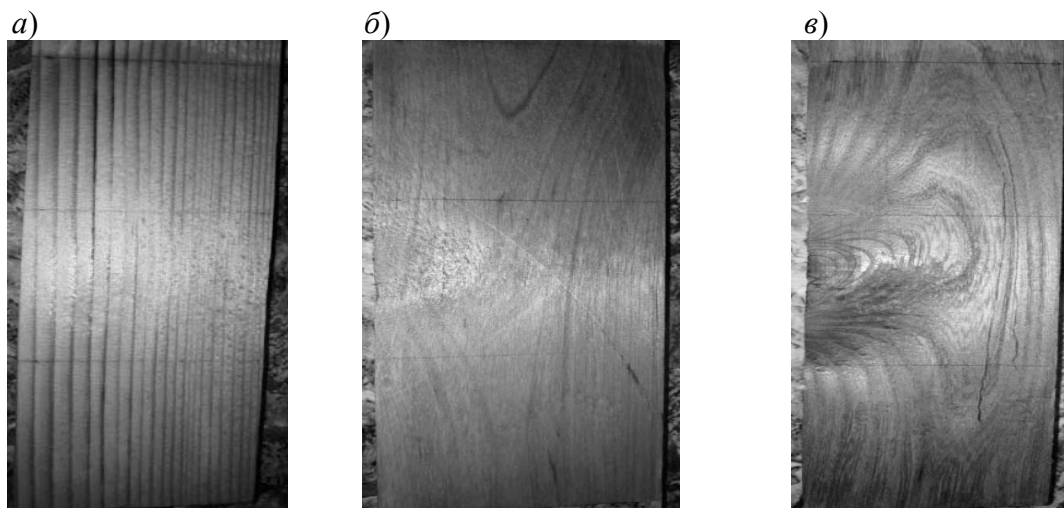


Рис. 2. Образцы после стержневого воздействия: а – сосна; б – ольха; в – вяз

Для дальнейшей работы целесообразно применять древесину сосны. Во-первых, из-за количества произрастаемой древесины в Беларуси. В нашей стране около 50 % объема лесов составляет сосна, это около 40000 км. Во-вторых, сосна используется для производства различных строительных материалов (половых и паркетных досок, плинтусов, наличников и т. д.), мебели, а также в медицине и химической промышленности. В-третьих, результаты проведения поисковых экспериментов показывают, что при прочих равных условиях (влажность, количество воздействий, сила воздействий, состав для покрытия) образцы показывают наибольшую степень упрочнения.

Для дальнейших исследований целесообразно изменять величину нагрузки, количество воздействий на поверхность, а также применять другие составы для покрытия.

УДК 621.928.24

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРУЖИННОГО ГРОХОТА

И. М. КОРЗУН

Барановичский государственный университет
Барановичи, Беларусь

Л. А. СИВАЧЕНКО

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Процессы грохочения широко применяются в производственной деятельности современного человека. Почти 95 % добываемого и перерабатываемого сыпучего материала подвергается разделению по крупности, которое осуществляется на грохотах разных конструкций.

Основными показателями грохочения являются эффективность E , %, и производительность $П$, кг/ч. Для исследования данных показателей и проведения экспериментов нами была создана экспериментальная установка пружинного грохота (рис. 1) и разработан план проведения экспериментов. Параметры пружинного рабочего органа грохота: средний диаметр $D_{cp} = 45$ мм, диаметр сечения витка пружины $d = 4$ мм, свободная длина пружины $l = 240$ мм.



Рис. 1. Экспериментальная установка пружинного грохота

Во время экспериментов амплитуда колебаний A составляла 1; 2,5; 4 мм; граница разделения (зазор) ε – 0,5; 1; 1,5 мм; угол наклона пружины α – 5...25°.

Контролируемая в ходе экспериментов эффективность грохочения находилась в пределах 67,3...89,2 %. Результаты экспериментов показали, что этот технологический показатель, в первую очередь, зависит от угла α

наклона просеивающей поверхности. Самая высокая эффективность грохочения $E = 89,2\%$ обеспечивается при амплитуде колебаний $A = 4$ мм при зазоре просеивающей поверхности в 1,5 мм и угле α наклона просеивающей поверхности в 5 град. На рис. 2 представлена экспериментальная зависимость эффективности разделения сыпучего материала от угла α наклона просеивающей поверхности к горизонту с амплитудой колебания $A = 4$ мм.

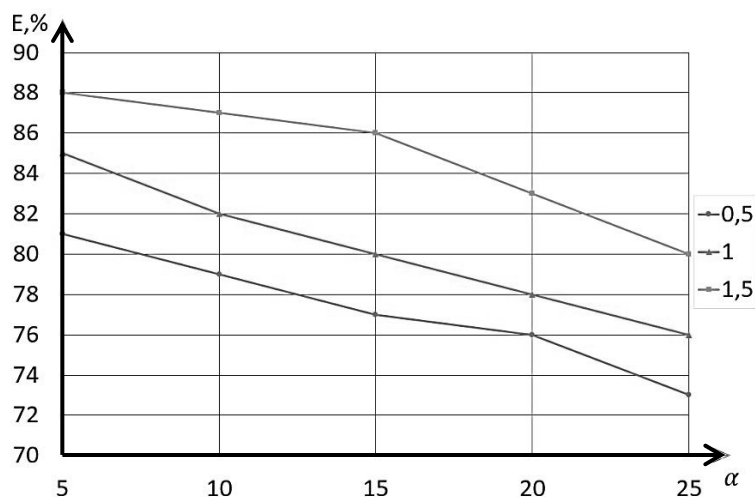


Рис. 2. Результаты экспериментов исследований

Далее определялись рациональные значения производительности грохочения при сохранении качества получаемого сыпучего материала.

Расчет производительности показал, что производительность для данного размера исследуемого пружинного рабочего органа грохота по подрешетному продукту составляет от 67 до 108 кг/ч. Производительность по подрешетному продукту достигает 101,3 кг/ч с максимальной эффективностью процесса грохочения $E = 89,2\%$. Дальнейшее увеличение угла α наклона и зазора ϵ рабочего органа приводит к снижению эффективности процесса вследствие ускорения движения материала по просеивающей поверхности и перехода части реально подрешетного продукта в надрешетный класс.

В результате экспериментальных исследований установлено, что эффективность и производительность пружинного грохота имеют линейную зависимость от таких технологических параметров, как угол α наклона просеивающей поверхности, граница разделения (зазор) ϵ , а также амплитуды колебаний A . Согласно проведенным экспериментальным исследованиям выявлено, что оптимальными параметрами пружинного грохота являются угол наклона $\alpha = 5...10^\circ$, границы разделения материала $\epsilon = 1...1,5$ мм и амплитуда колебаний $A = 4$ мм.

УДК 621.795
К ПРОБЛЕМЕ ВНУТРЕННЕГО ШЛИФОВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ
ПОКРЫТИЙ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПОЛЫХ ЦИЛИНДРОВ
ДЕТАЛЕЙ МАШИН

А. М. КУРГУЗИКОВ, Е. В. КУЗНЕЦОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Проблема восстановления цилиндров машин методом напыления с последующей шлифовкой и хонингованием не утратила актуальности.

Технология напыления износостойких и равнопрочных покрытий предусматривает его сверхтвердость, затрудненность обработки и необходимость применять специально подобранные материалы шлифовальных кругов и брусков для хонингования.

Для повышения производительности шлифовальных работ по восстановленной поверхности сложнолегированными, композиционными материалами необходимо увеличивать скорость шлифования и подачу, что повышает температуру, а имеющийся в распоряжении машиностроительных и ремонтных предприятий шлифовальный инструмент не позволяет повышать скорость шлифования до 100...120 м/с и реализует предельную скорость снятия металла $Q_m = 1...10 \text{ мм}^3/\text{мм} \cdot \text{с}$ [1].

На основании проведенных исследований совместно с ОАО НПК «Абразивы и шлифование» г. Санкт-Петербург, предлагается использовать разработанный техпроцесс шлифования с использованием абразивного инструмента из карбида кремния, кубического нитрида бора и алмаза как для чистового шлифования, так и для хонингования.

Процесс является финишным и опробован в конкретных производственных условиях. Контроль точности и шероховатости поверхностей показал эффективность процесса и соблюдение требований качества.

Шлифовальный инструмент для хонинговальной операции в виде брусков на керамической связке типа К2-01 и К11, а также композиционного шлифовального эльборового материала КП-3А при скорости резания 35 м/с и глубине резания 0,02...0,04 мм позволил повысить производительность и стойкость в 3 раза, а для алмазного инструмента в 2 раза и стойкости в 2,6–3,2 раза соответственно.

Кроме этого, для решения проблемы предлагается механоактиваторная обработка наплавочных материалов перед напылением и наплавкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кремень, З. И.** Технология шлифования в машиностроении / З. И. Кремень, В. Г. Юрьев, А. Ф. Бабошкин; под общ. ред. З. И. Кременя. – Санкт-Петербург: Политехника, 2007. – 424 с.

УДК 691.002.5; 666.002.5
ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ
ТОНКОГО И СВЕРХТОНКОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ

А. М. КУРГУЗИКОВ, В. В. БЕРЕСНЕВ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Одним из основных и сложных технологических процессов в многотоннажных отраслях промышленности строительных материалов (например, в цементной, сырьевой и др.), в важнейших производствах строительной индустрии и т. д. является измельчение. Причем, основные затраты идут на оплату энергоносителей и восстановление рабочего оборудования.

По существующей на сегодня практике отказаться от использования ранее разработанного многотоннажного измельчительного оборудования нет возможности, и проблема реконструкции старого и разработки нового оборудования не утратила своей актуальности.

Теоретические основы эффективных процессов измельчения диктуют определенную последовательность и принципы, способы измельчения материалов на каждом отдельном технологическом переделе.

К такому перспективному технологическому приему процесса переработки материалов можно отнести многовекторный, пространственный процесс нагружения частицы материала при тонком и сверхтонком измельчении с обеспечением преимущественно растягивающих напряжений с наложением вибрационных колебаний широкого спектра амплитуды и частоты.

В качестве аппаратного обеспечения можно предложить мельницы ударного и сдвигающе-истирающего действий. Проблемой ударных мельниц является интенсивный съем металла рабочих органов по причине высокой абразивности всех минеральных материалов и низкой плотности потока частиц в зоне разрушения (порозностью слоя до 0,7 и выше). Проблемами мельниц сдвигающе-истирающего действия являются истирание рабочих поверхностей при заклинивании частиц материала и высокая демпфирующая способность тонкомолотых частиц недоизмельченного материала в общем слое в зоне измельчения.

В докладе приводится предложение по разработке мельниц ударно-истирающего действия на основе вибрационных приводов с разнонаправленными траекториями движения измельчающих поверхностей.

УДК 621.873.1
ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА ЭЛЕКТРОТАЛИ

И. В. ЛЕСКОВЕЦ, В. И. СЁМЧЕН, А. Е. НАУМЕНКО

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Одним из наиболее распространенных механизмов для механизации работ является электроталь. На рынке присутствуют электротали с грузоподъемностью от 100 до 1000 кг с высотой подъема до 15 м. В настоящее время имеется тенденция к увеличению грузоподъемности до 30 и даже до 70 т и высоты подъема до 70 м.

Увеличение грузоподъемности и высоты подъема приводит к существенному увеличению массы механизма и его размеров. Существующие методики проектирования механизма подъема [1] обеспечивают расчет и выбор его основных параметров, но не обеспечивают минимизацию массы.

Масса механизма складывается из массы крюковой подвески, блоков, канатов, барабана, редуктора и электродвигателя привода. Авторами проведены теоретические исследования, которые показывают, что масса крюковой подвески зависит от количества и диаметра блоков, что, в свою очередь, зависит от кратности полиспаста. Результаты исследований позволяют сделать вывод, что при грузоподъемности до 300 кг масса крюковой подвески практически не зависит от кратности полиспаста. При дальнейшем увеличении грузоподъемности до 10 т масса крюковой подвески зависит от кратности полиспаста и может изменяться до 30 %.

Масса барабана с одноканатной навивкой также зависит от кратности полиспаста и определяется по формуле

$$mb = \rho \cdot \pi (Db^2 - (Db - Sb)^2) \frac{2,5 \cdot \frac{dk}{1000} + \frac{318,31 \frac{(dk+1,5)}{1000} \cdot Hgr \cdot nk \cdot 1000}{Db}}{1000} + 0,006,$$

где ρ – плотность металла; Db – диаметр барабана; Sb – толщина стенки барабана; dk – диаметр каната; Hgr – высота подъема груза; nk – количество канатов, на которых висит груз.

При определении массы барабана учитывалась толщина стенки на основе удовлетворения её условию прочности на смятие. При грузоподъемности от 0,1 до 5 т масса барабана увеличивается в зависимости от кратности полиспаста. Для каждого варианта при кратности полиспаста 5 масса барабана больше в 2 раза, чем при кратности полиспаста 2. При дальнейшем

увеличении грузоподъемности рост массы барабана, в зависимости от толщины стенки, теряет линейный характер. При проектировании требуется проводить анализ массы в каждом конкретном случае. Если при грузоподъемности 7 т масса барабана снижается при кратности полиспаста от 1 до 3 от 60 до 55 кг, то при дальнейшем увеличении кратности полиспаста масса барабана растет до 65 кг. При грузоподъемности 10 т масса барабана при увеличении кратности полиспаста от 1 до 5 снижается с 86 до 78 кг.

При высоте подъема груза 10 м масса каната сопоставима с массой барабана и рассчитывается по формуле

$$m_k = lk \cdot m_{k_n},$$

где lk – длина каната; m_{k_n} – погонная масса каната [2].

Длина каната рассчитывается по формуле

$$lk = Hgr \cdot nk + \frac{6,28 \cdot Dbl}{1000} + \frac{4,71 \cdot Dbl}{1000} + \frac{18,84 \cdot Db}{1000} + \frac{6 \cdot dk}{1000},$$

где Dbl – диаметр блоков; Db – диаметр барабана.

При грузоподъемности до 2 т масса каната практически не зависит от кратности полиспаста. При дальнейшем увеличении грузоподъемности масса каната при увеличении кратности полиспаста снижается до 26 %.

Таким образом, проводя сравнительный анализ массы механизма подъема, в зависимости от кратности полиспаста, установлено, что при грузоподъемности до 5 т наилучшей является кратность полиспаста 2. При увеличении грузоподъемности расчет нескольких вариантов и последующий анализ могут привести к снижению суммарной массы крюковой подвески, барабана и каната до 16 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грузоподъемные машины: учебник для вузов по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» / М. П. Александров, [и др.]. – Москва: Машиностроение, 1986. – 400 с.
2. **ГОСТ 2688–80.** Канат двойной свивки типа ЛК-Р конструкции 6х19. – Москва : Стандарт, 1980. – 9 с.

УДК 621.874
ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ КАНАТОВ, ПРИБОРОВ
И УСТРОЙСТВ БЕЗОПАСНОСТИ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ

В. И. МАТВЕЕНКО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Наиболее часто крепление конца каната в грузоподъемных кранах осуществляется с применением зажимов и клиновой втулки. При этом количество зажимов должно быть не менее трех, а шаг их расположения и длина свободного конца каната должна быть не менее шести диаметров каната. Некоторые владельцы кранов используют этот свободный конец каната для контроля всего узла крепления при эксплуатации крана. В этих целях они устанавливают дополнительный зажим на свободный конец. При этом свободный конец деформируют и располагают его дугообразно по отношению к рабочей ветви. Наличие этой дуги при эксплуатации крана свидетельствует о надежном креплении каната. Уменьшение высоты вышеупомянутой дуги или прямолинейное расположение свободного конца каната свидетельствуют об ослаблении зажимов и подвижке каната. Необходимо произвести перезатяжку зажимов и опять предусмотреть дугообразное расположение свободного конца каната для последующего контроля надежности крепления каната.

При использовании клиновых втулок нередки случаи, когда при установке каната в клиновой втулке меняют местами свободный конец каната и рабочий. При этом рабочий конец каната при выходе из клиновой втулки подвергается резкому изгибу, что может привести к его внезапному обрыву. Контроль правильности установки каната в клиновой втулке, особенно в башенных кранах, можно произвести с использованием геодезических приборов, теодолита или нивелира.

При подвеске груза к рычагу концевого выключателя ограничителя высоты подъема в мостовых кранах скоба груза охватывает одну из ветвей грузового каната. При этом необходимо обращать внимание на то, чтобы тросик подвески груза занимал положение, близкое к вертикальному, что определяется местом расположения концевого выключателя на раме тележки. В случае невыполнения этого требования из-за горизонтальной составляющей натяжения тросика и его раскачиваний при работе крана будет происходить перетирание скобы груза при охвате скобой подвижной ветви грузового каната. При охвате скобой ветви грузового каната, идущего с уравнительного блока, будет происходить перетирание прядей каната этой ветви, что может привести к ее внезапному обрыву. Такие случаи при эксплуатации кранов не единичны.

УДК 629.3
ГИДРОСИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РАБОЧИМ ОБОРУДОВАНИЕМ
ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА

В. И. МРОЧЕК
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Существенное влияние на технико-экономические показатели фронтального погрузчика оказывает гидравлическая система управления рабочим оборудованием. В настоящее время на фронтальных погрузчиках применяются гидравлические системы с двумя принципами регулирования: дроссельным и объемным. В системах с дроссельным принципом регулирования используются более простые, надежные и дешевые нерегулируемые насосы. Цены на близкие по выходным характеристикам нерегулируемые и регулируемые насосы могут отличаться в несколько раз. Так, например, цена одного регулируемого насоса, устанавливаемого на погрузчик грузоподъемностью 12 т производства БелАЗ, составляет около 6 тыс. евро. А таких насосов в системе управления указанного погрузчика три. Таким образом, на этапе производства гидросистемы с дроссельным регулированием, по причине более низкой себестоимости, имеют (по сравнению с гидросистемами с объемным регулированием) конкурентное преимущество. Возникает вопрос, а на сколько эффективнее будет гидросистема с объемным регулированием в процессе эксплуатации? Для ответа на этот вопрос необходимо проведение всесторонних исследований процессов функционирования гидросистем с различными принципами управления и структурой.

Для достижения указанной выше цели была разработана методика, предусматривающая разработку типового технологического цикла выполнения погрузочных работ, а также разработку математической модели и программного обеспечения, учитывающих функционирование гидравлической системы при выполнении всех операций технологического цикла.

При разработке математической модели возникла необходимость в проведении силового и кинематического анализа привода управления погрузочным оборудованием. В качестве прототипа был принят погрузчик Амкодор-333 (ТО-18Б) грузоподъемностью 3,4 т.

На основе использования формул тригонометрии, а также отдельных положений аналитической геометрии были получены выражения, связывающие линейные и угловые перемещения стрелы и ковша погрузчика с ходом штоков гидроцилиндров и действующими на них нагрузками. Полученные математические выражения позволяют учесть особенности взаимодействия гидропривода с элементами привода управления погрузочным оборудованием на всех операциях технологического цикла.

УДК 629.365
МОДЕЛЬ ПРЕОДОЛЕНИЯ РВА С РАЗРУШАЕМЫМИ СТЕНКАМИ
МАШИНОЙ С КОЛЕСНОЙ ФОРМУЛОЙ 6х6

А. В. ПАПУНИН, А. И. МАРКОВНИНА, В. С. МАКАРОВ
Нижегородский государственный технический
университет им. Р. Е. Алексеева
Нижний Новгород, Россия

При движении в весенне-летний период по территориям, подверженным паводку, после схода воды можно наблюдать более сложные ландшафты, образованные многочисленными ручьями и представляющие сложность для движения транспортно-технологических машин (ТТМ). Полученные барьерные препятствия, профильные препятствия с точки зрения подвижности ТТМ можно охарактеризовать, классифицировать как рвы, эскарпы и контрэскарпы. Данные препятствия являются разрушаемыми. Проведенный анализ показал, что разрушаемость профильных препятствий сказывается положительно на проходимости во всех случаях, кроме преодоления рва. Была разработана модель преодоления рва с разрушаемыми стенками машиной с колесной формулой 6х6.

Были проведены испытания. Фрагменты преодоления рва показаны на рис. 1.

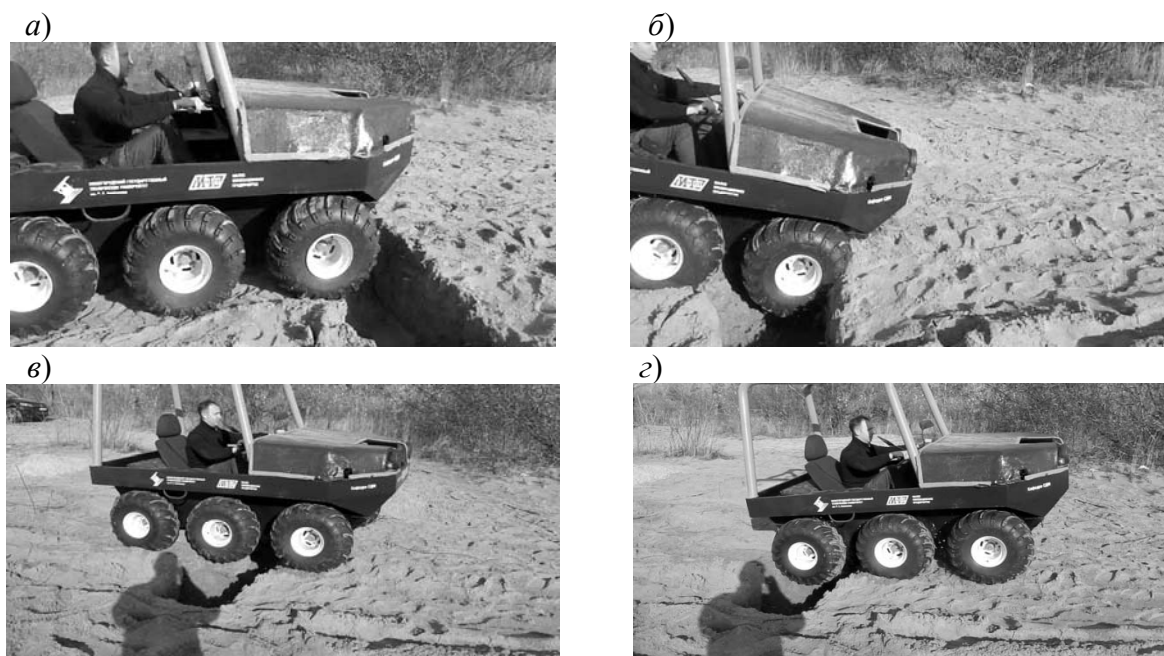


Рис. 1. Фрагменты преодоления рва

Наиболее сложным случаем является момент, показанный на рис. 1, б). На рис. 2 показана схема для расчета критического значения ширины преодолеваемого рва.

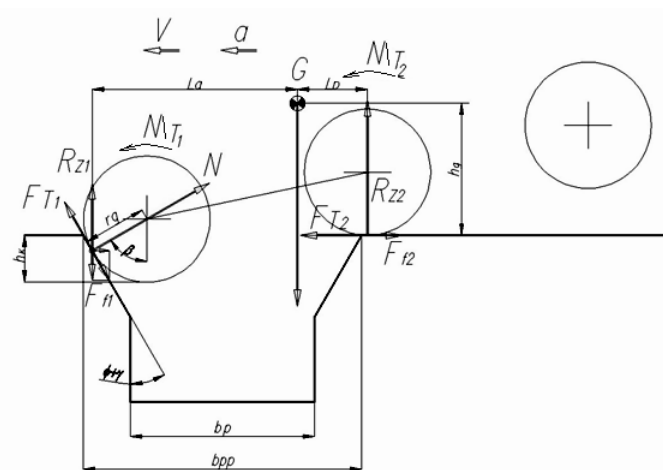


Рис. 2. Схема к расчету критического значения ширины разрушаемого рва

Для оценки возможности преодоления рва, необходимо рассмотреть уравнения движения шасси. Спроецировав силы на оси ОХ, ОУ и рассмотрев равенство моментов относительно точки контакта первого колеса со стенкой рва, получим систему уравнений:

$$X : F_{T1} \cos \beta - F_{f1} \cos \beta - N \sin \beta + F_{T2} - F_{f2} - F_w - F_{kp} = m \frac{dV}{dt};$$

$$Y : F_{T1} \sin \beta - F_{f1} \sin \beta + N \cos \beta + R_{z2} - G_a = m \frac{dV_y}{dt};$$

$$M : -G_a l_a + R_{z2} (l_a + l_b) + (F_{T2} - F_{f2})(h_k - (r_o - r_o \cos \beta)) + \\ + m a (h_g - (r_o - r_o \cos \beta)) - F_w (h_w - (r_o - r_o \cos \beta)) + M_T = J \frac{d\omega}{dt},$$

где F_{Ti} – реализуемая сила тяги на колесах i -й оси; F_{fi} – сила сопротивления на колесах i -й оси; N – нормальная реакция от стенки рва на колесо.

Решая данную систему, а также используя дополнительные зависимости из [1–3], можно получить значения критических значений преодолеваемого рва машиной с колесной формулой 6х6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экспериментально-теоретические исследования преодоления рва многоосными колесными машинами / А. В. Папунин [и др.] // Тр. НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – 2017. – № 4 (119). – С. 155–162.

2. A dynamic model of unsupported pit traversal by a vehicle with 6x6 wheel arrangement / A. V. Papunin [et al.] // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 386. – 2018. – 012001 doi:10.1088/1757-899X/386/1/012001.

3. **Papunin, A. V.** Calculation of trench width to be overcome by multi-axis wheeled vehicle / A. V. Papunin, V. V. Belyakov, V. S. Makarov // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 194. – 2018. – 062027 doi:10.1088/1755-1315/194/6/062027.

УДК 621.8
О ПРОВЕДЕНИИ ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЙ СЪЕМКИ ПОДКРАНОВЫХ
ПУТЕЙ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ

В. И. СЁМЧЕН, А. Е НАУМЕНКО, И. В. ЛЕСКОВЕЦ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В процессе эксплуатации грузоподъемного крана на подкрановые пути постоянно действует нагрузка от веса крана и перемещаемых им грузов. С течением времени происходит изменение пространственного положения рельсов в вертикальной плоскости, вызывающее увеличение динамических нагрузок при передвижении крана, а в предельных случаях – размыкание контакта с троллеями, приводящего к остановке крана. В результате снижается производительность выполняемой краном работы.

Для предотвращения вышеописанной ситуации в соответствии с [1] при каждом техническом освидетельствовании крана необходимо выполнять проверку состояния подкранового пути, при которой определяются выбраковочные показатели: износ рельс, сужение или расширение колеи кранового пути, разность отметок рельсов в поперечных сечениях пути и на соседних колоннах и др. При этом наибольшая трудоемкость заключается в определении разности высотных отметок рельсов, которая определяется в результате проведения планово-высотной съемки подкранового пути, направленной на получение сведений о высотных координатах рельсов на всем протяжении крановых путей.

Метод высотной съемки (рис. 1) основан на измерении высотных отметок рельсов от горизонтальной плоскости, построенной с использованием нивелира (или другого измерительного прибора) в контрольных точках.

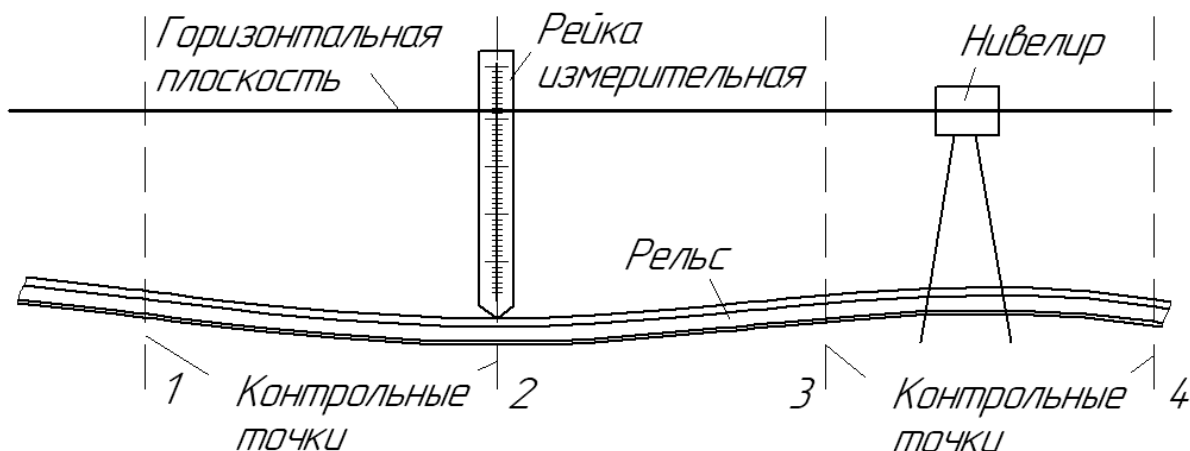


Рис. 1. Метод высотной съемки

Результаты планово-высотной съёмки подкранового пути должны быть включены в его паспорт, являются исходными материалами для разработки технической документации по его ремонту, служат для контроля монтажных и ремонтных работ.

В качестве средств инструментального контроля используют различные виды геодезического оборудования. Наибольшее распространение получило проведение планово-высотной съёмки с помощью оптического нивелира и измерительной рейки. При этом возникает ряд трудностей, связанных как с особенностями оборудования, так и с условиями проведения измерений.

Для получения достоверных результатов оптический нивелир требует установки на прочном основании и выравнивания в горизонтальной плоскости. При проведении измерений надземных крановых путей нивелир устанавливают на галереях и смотровых площадках цеха. При этом зачастую производственный процесс невозможно полностью остановить и колебания, возникающие при работе технологического оборудования в цеху и кранов на соседних путях, приводят к сбою настроек оптической оси нивелира, что требует частой настройки и необходимости корректировки измеренных значений после новой установки с ранее полученными значениями. При использовании измерительной системы «оптический нивелир – рейка» для проведения высотной съёмки подкрановых путей требуются, как минимум, два человека и средства организации их взаимодействия, т. к. зачастую нивелир установлен на одной галерее, а линейку необходимо перемещать по другой и на значительном удалении (до 100 и более метров).

Указанные недостатки оптической измерительной системы можно устранить, используя лазерный нивелир, обладающий возможностями по самовыравниванию оптических осей при возникновении нарушений его установки. Для снятия показаний достаточно одного исполнителя, передвигающегося вдоль подкранового пути и снимающего показания с линейки отражённого лазерного луча.

Экспериментальные измерения надземных подкрановых путей мостового крана, проведенные с помощью лазерного нивелира и геодезического тахеометра, при контрольной проверке работ по выравниванию подкранового пути показали хорошую сходимость результатов, отклонения составили не более двух миллиметров в четырех точках из сорока.

В результате при проведении диагностики подкрановых путей целесообразно использовать лазерные системы, как более легкие, простые в обращении и требующие меньше трудозатрат при сопоставимой точности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила по обеспечению промышленной безопасности грузоподъемных кранов. – Минск: Диэкос, 2015.

УДК 621.828.6

ОБ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ МАШИН ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ГРУНТОВ

А. П. СМОЛЯР

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Научно-технические литературные источники, освещающие современные проблемы расчета процесса резания грунтов, позволяют заключить, что при разработке методов расчета резания грунта основное внимание уделялось лобовому резанию. В этом направлении достигнуты определенные успехи – существуют теории, обеспечивающие получение расчетных значений геометрических и силовых параметров аналитическими методами.

Исследования резания грунта ножами, повернутыми в плане, носят экспериментальный характер. Такие исследования проводились в различных грунтовых условиях и при разных геометрических размерах и типах рабочих органов. В связи с этим результаты исследований являются не только несопоставимыми друг с другом, но и зачастую носят противоречивый характер в оценке эффективности данного вида разработки грунта. Например, согласно [1, 2], резание грунта ножами, повернутыми в плане, является менее энергоемким, а исследования [3], проведенные на углях, подтверждают неэффективность косого резания грунта, т. к. при повороте ножа удельное сопротивление резанию увеличивается. Согласно [4], резание грунта повернутыми в плане ножами может быть как эффективнее, так и нет, по сравнению с лобовым резанием.

На энергоемкость резания грунта повернутыми в плане ножами влияют следующие факторы: интенсивность схода грунта с рабочего органа и боковые силы трения, возникающие при движении грунта вдоль режущих элементов. Данные факторы изменяются при изменении угла поворота ножа в плане, угла резания, отношения высоты ножа к высоте стружки, дополнительно оказывает влияние и тип резания (блокированное, полублокированное или свободное резание). При изменении угла поворота ножа в плане изменяются не только ширина резания, но и геометрические размеры ножа, измеренные в направлении движения рабочего органа, что, как следствие, приводит к изменению силовых параметров, характеризующих резание грунта. Установлено, что при повороте ножа в плане уменьшаются перемещаемый по ножу вес грунта, максимальные и минимальные значения с нормальной и касательной составляющей сопротивления резанию. Вследствие отклонения направления сдвига грунта от нормали к направлению движения ножа возникает боковая составляющая.

Разработанная методика аналитического расчета параметров резания грунта повернутыми в плане ножами позволила объяснить возникшие противоречия в исследованиях других авторов, поскольку позволяет охватить широкий спектр возможных сочетаний факторов, оказывающих влияние на энергоемкость данного вида резания.

При этом методы расчета должны оценивать не только возникающие при разработке грунта сопротивления, но и геометрические размеры перемещаемых масс грунта и свойства самого грунта поскольку, например, установлено, что эффективность косого резания повышается с увеличением высоты ножа и уменьшением его ширины, также с увеличением прочностных свойств грунта эффективность косого резания снижается [5].

При проведении оптимизации режущих элементов в каждом конкретном случае необходимо проводить дополнительные исследования с целью определения их эффективности, а также исследовать энергоемкость конкретного типоразмера режущих элементов применительно к определенным грунтовым условиям [6], поскольку, например, рациональный угол резания песков и супесей отличается от такого же угла для суглинков и глин.

Таким образом, на современном этапе развития землеройной техники необходимо приспосабливать их рабочие органы к определенному виду грунта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Горячкин, В. П.** Собрание сочинений: в 3 т. / В. П. Горячкин; под ред. д-ра с.-х. наук Н. Д. Лучинского. – Москва: Колос, 1965. – Т. 2. – 459 с.: ил.
2. **Недорезов, И. А.** Исследование косого резания грунтов / И. А. Недорезов // Машины для земляных работ. – 1969. – Вып. 77. – С. 28–35.
3. **Гарбузов, З. Е.** К определению нагрузок, действующих на ножевые системы землеройных стругов / З. Е. Гарбузов // Тр. Ленингр. фил. ВНИИСтройдормаша. – Ленинград, 1957. – Вып. 1. – С. 46–51.
4. **Зеленин, А. Н.** Косое резание и копание грунта / А. Н. Зеленин, А. В. Красильников // Строительные и дорожные машины. – 1967. – № 4. – С. 23–24.
5. **Берестов, Е. И.** Сопротивление грунтов резанию: монография / Е. И. Берестов, А. П. Смоляр. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2008. – 179 с.
6. Взаимодействие рабочего оборудования и гусеничных траков землеройных машин с грунтом: монография / Е. И. Берестов [и др.]. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2013. – 184 с.: ил.

УДК 621.926

К ВОПРОСУ КЛАССИФИКАЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ

Л. Л. СОТНИК

Барановичский государственный университет
Барановичи, Беларусь

А. Н. ХУСТЕНКО

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Вопросами разработки нового и повышения эффективности существующего оборудования занимались многие ученые, как у нас в стране, так и за рубежом. При конструировании дробилок и мельниц, а также при определении областей их применяемости необходимо учитывать большое количество самых разнообразных факторов, обеспечивая экономичность, простоту машины и надежность её работы [1].

Вследствие такого многообразия требований возникли предпосылки к созданию самых разнообразных машин для измельчения, причем число типов их непрерывно растёт. Это вызвало необходимость систематизации, обусловленной как требованиями конструирования, так и обоснованным выбором мельниц в каждом конкретном случае [2, 3].

Рассмотрим наиболее распространённые классификации.

1. За основу взята дисперсность измельчаемого материала: мельницы для крупного, среднего и мелкого дробления, грубого, тонкого и сверхтонкого помола. Однако, т. к. отсутствует количественная оценка этих понятий, данная классификация не позволяет провести сравнительную оценку измельчителей [4].

2. За основу взята отрасль производства: измельчение твердого топлива – пылеприготовление, тонкое и сверхтонкое измельчение материалов в химической и пищевой промышленности, помол стройматериалов, дробление и помол руд и в других отраслях. В каждой отрасли создаются измельчители применительно к собственным нуждам, со «своими» теориями измельчения и классификацией.

3. За основу взяты относительные скорости движения мелющих тел: малой, средней и большой. Материалы разделены на три класса:

- твёрдые, абразивные, хрупкие материалы;
- материалы средней твёрдости, неабразивные, хрупкие;
- материалы мягкие и хрупкие или мягкие и неабразивные, волокнистые.

4. За основу взята стоимость измельчения единицы продукта, которая учитывает весь комплекс конструкционных и технологических показате-

лей измельчителей. Согласно данной классификации на основе составленного нормального ряда, включающего более 65 устройств, были сделаны выводы об области рационального применения различных конструкций измельчителей и оценены перспективы новых разработок [5].

В производственных целях мельницы выбирают с учетом конкретных свойств измельчаемого материала и условий их использования. Практические данные свидетельствуют, что диапазон дисперсности, достигаемый в каждой машине, велик и зависит от многих факторов. Исходя из этого, можно утверждать, что не имеется такой одной мельницы, которая могла бы всегда и во всех случаях эффективно заменить все другие, даже в сравнительно узкой области дисперсности [6].

5. За основу взяты системы подвода энергии к материалу [3]:

- в первом – материал разрушается под действием на него мелких тел или кусков того же материала, наложением инерционных сил и т. д.;
- во втором – материал разрушается под действием на него окружающей среды – жидкости или газа, радиационных воздействий, температуры и т. д.

В свою очередь, каждый из классов можно классифицировать по характеру воздействия на измельчаемый материал, однако очевидна условность такой классификации [6].

Несмотря на видимую структуру классификации измельчителей она является достаточно условной. С целью расширения комплексной оценки измельчительных машин предлагается интегральная классификация, основанная на обобщении перечисленных подходов путем выделения основных показателей и режимов работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Андреев, С. Е.** Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых / С. Е. Андреев, В. А. Петров, В. В. Зверович. – Москва: Недра, 1980. – 415 с.: ил.
2. **Сиденко, П. Л.** Измельчение в химической промышленности / П. Л. Сиденко. – Москва: Химия, 1977. – 368 с.: ил.
3. **Сотник, Л. Л.** Валковые дробилки и их развитие / Л. Л. Сотник, Л. А. Сиваченко, Н. В. Гречко // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвуз. сб. ст. – Белгород: БГТУ, 2016. – С. 213–217.
4. **Серго, Е. Е.** Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых: учебник для вузов / Е. Е. Серго. – Москва: Недра, 1985. – 285 с.: ил.
5. **Акунов, В. И.** О нормальном ряде измельчения / В. И. Акунов. – Москва: Госстройиздат, 1958. – 186 с.: ил.
6. **Ходаков, Г. С.** Тонкое измельчение строительных материалов / Г. С. Ходаков. – Москва: Стройиздат, 1972. – 238 с.: ил.

УДК 621.926
К ВОПРОСУ ПОМОЛА МАТЕРИАЛОВ В ПРУЖИННОЙ МЕЛЬНИЦЕ

А. Н. ХУСТЕНКО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

И. М. ДЫДЫШКО, Л. Л. СОТНИК
Барановичский государственный университет
Барановичи, Беларусь

Процесс дробления и помола является подготовительной стадией переработки различных материалов к участию их в последующих физико-химических взаимодействиях с целью получения новых продуктов и изделий. Процесс измельчения является одним из самых массовых и энергоемких, но при этом самым несовершенным из всех используемых в технике.

Известно большое количество самых разнообразных измельчительных машин, однако это многообразие является следствием как их технологического несовершенства, так и недостаточно реализованных потенциалов развития.

В последнее время наблюдается переход от простого процесса измельчения в более сложный механизм управляемого изменения свойств перерабатываемой среды. Это, в свою очередь, привело к активизации научно-исследовательских и прикладных работ в области измельчителей повышенной интенсивности рабочего процесса: вибрационных, планетарных, струйных, электромагнитных и ряда других.

Одним из новых направлений является создание пружинной мельницы, реализующей повышенные контактные напряжения, тем самым обеспечивая сверхтонкий помол.

Пружинная мельница (рис. 1) содержит электродвигатель 1, муфту 2, рабочую камеру 3, в которой на опорных валах 4 посредством узлов крепления 5 смонтирован дугообразно изогнутый пружинный рабочий орган 6, а для загрузки и выгрузки материала предусмотрены патрубки 7 и 8.

Одной из главных задач является анализ параметров, реализуемых данной мельницей. К ним следует отнести: частоту вращения пружины, объем мелющих тел и их размер.

Работа мельницы производится при заполненной камере 3 исходным материалом, который также содержит от 10 до 50 % по загрузке мелющих тел. При включенном двигателе 1 рабочий орган 6 приводится во вращение и производит разрушение материала как между собственно витками

пружины, так и с заклиниванием между ними мелющих шариков. Мелющие тела могут отделяться от обработанного продукта как посредством сетки, помещаемой в выгрузочный патрубок 8, так и на отдельном посту после выгрузки из аппарата всей находящейся в нем загрузки. Мельница в режиме нанопомола предназначена для работы преимущественно по мокрому способу.

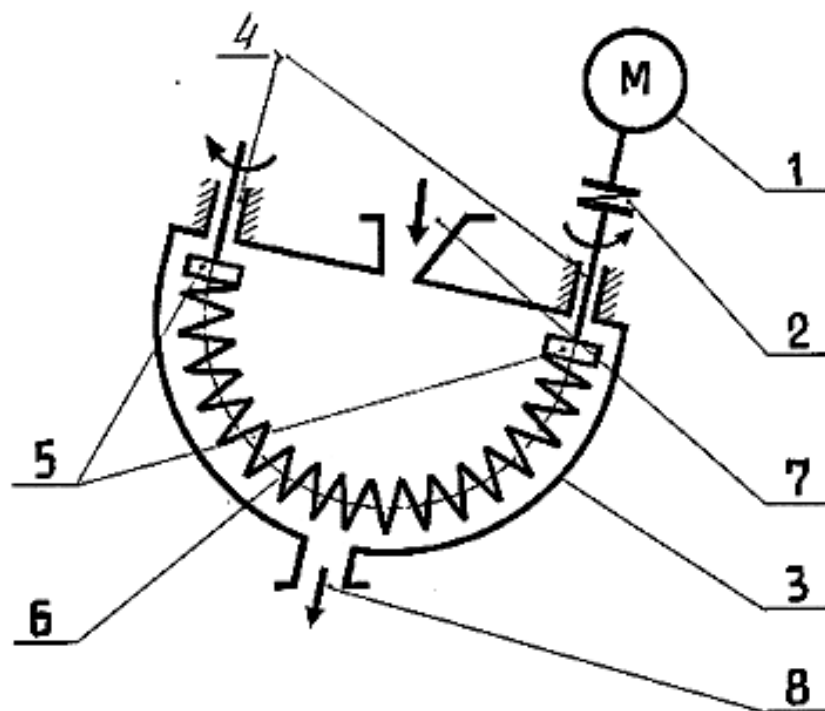


Рис. 1. Кинематическая схема пружинной мельницы

Реализация процесса помола осуществляется за счет того, что их приводные узлы расположены сверху, а нижние концы отогнуты в сторону движения материала. Введение в помольную камеру пружинной мельницы мелких мелющих тел создает дополнительные механизмы повышения напряжений в частицах измельчаемого материала и тем самым позволяет повысить дисперсность готового продукта, в том числе перевести его в разряд нанопродукта.

Проектирование пружинной мельницы базируется на основе данных о свойствах исходного материала и конечного продукта, а также требуемой производительности.

Создание современного оборудования, осуществляющего механизм комплексной переработки материалов, необходимо для производства различных продуктов в разных сферах промышленности. Область применения их постоянно расширяется, охватывая практически все сферы деятельности человека.

Н. П. АМЕЛЬЧЕНКО

Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

С. Ю. БИЛЫК, Г. В. БОЧКАРЕВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Наиболее важной задачей разработки математической модели является представление сил трения, инерционных, упругих и демпфирующих характеристик расчетной модели.

В настоящее время используют два наиболее распространенных метода: приведение сил трения к линейно-вязкому сопротивлению; использование известных нелинейных моделей трения.

Приведение сил трения к вязко-линейному демпфированию затрудняет исследования при полигармонических возмущениях [1] и переходных процессах, где возможны автоколебательные явления.

Второй метод является более точным, хотя и более сложным. Однако, при использовании ПВЭМ, этот метод позволяет моделирование переходных процессов. Большинство авторов силу трения в элементах конструкции машин представляют в виде:

$$R = -b|q|^k|q|^n \operatorname{sign} \dot{q}, \quad (1)$$

где b , k , n – постоянные неотрицательные величины; q – обобщенная координата.

То есть задача сводится к определению постоянных неотрицательных величин b , k , n , входящих в формулу (1). Обычно b , k , n определяют экспериментальным способом, используя метод затухающих колебаний.

Если рассматривается одномассовая колебательная система, которая имеет коэффициент жесткости упругого элемента $c = 1/e$ (e – упругая податливость детали) и малое трение, то относительное рассеивание определяют по формуле

$$\Psi = |W| / \Pi,$$

где W – работа сил трения R за период колебаний $T = 2\pi/\sqrt{c/m}$,

$$W = \int_0^T R \cdot \dot{q} \cdot dt; \quad \Pi – \text{максимальная энергия колебаний, } \Pi = 0,5 c \cdot A^2.$$

Коэффициент, пропорциональный мере инертности системы (момент инерции тела), от которого зависит коэффициент трения, в [2] предлагается определять по формуле

$$J(k, n) = \int_0^{2\pi} \cos^k \varphi \cdot \sin^{n+1} \varphi \cdot d\varphi,$$

где φ – угол поворота физического маятника.

Таким образом, определение момента инерции тела является наиболее проблематичным, несмотря на кажущуюся простоту методик его определения. Так, по методу физического маятника период собственных колебаний, необходимый для определения момента инерции, находится по формуле

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J_0}{M_0 \cdot g \cdot l_0}} \left[1 + \left(\frac{1}{2} \right)^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2} + \left(\frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4} \right) \sin^4 \frac{\varphi}{2} \dots \right], \quad (2)$$

где J_0 – момент инерции тела относительно центра масс; M_0 – масса тела; l_0 – расстояние центра масс относительно точки подвеса.

Ввиду наличия у колесной машины плоскости продольной симметрии, при представлении его трансмиссии можно уменьшить число масс за счет сложения элементов системы, принадлежащих разным бортам. При этом параметры элементов эквивалентной системы будут представлять сумму соответствующих параметров левого и правого бортов, т. е.

$$J_{\text{ЭКВ}} = J_{\text{л}} + J_{\text{п}}; \quad \frac{1}{e_{\text{ЭКВ}}} + \frac{1}{e_{\text{л}}} = \frac{1}{e_{\text{п}}}; \quad \sqrt{b_{\text{ЭКВ}}} = b_{\text{л}} + b_{\text{п}}. \quad (3)$$

В результате сложная динамическая система, такая как трансмиссия автомобиля, может быть приведена к рядной схеме [2].

Вывод: более широкое использование современных методов идентификации, таких как модально-сигнатурный анализ [3], позволит создать расчетные схемы и математические модели, адекватные реальным системам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методы учета рассеивания энергии в механических системах при полигармонических возмущающих воздействиях / А. А. Полунгян [и др.] // Вестн. машиностроения. – 1990. – № 6. – С. 12–16.
2. К вопросу о выборе числа степеней свободы расчетной динамической системы трансмиссии многоприводной колесной машины / А. А. Полунгян [и др.] // Изв. вузов. Машиностроение. – 1969. – № 1. – С. 165–170.
3. **Bishop, R. E. D** The General Theory of Hysteretic Damping / R. E. D. Bishop // Aeronautical Quarterly. – 1989. – Vol. 59. – P. 738.

УДК 629.114.2

КРИТЕРИЙ ФОРМИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕВЕНТИВНОЙ ПЕРЕДАЧИ МОЩНОСТИ КОЛЕСАМ АКТИВНОГО ПОЛУПРИЦЕПА/ПРИЦЕПА

С. Ю. БИЛЫК

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Создание автоматической системы превентивной передачи мощности колесам активных автотракторных поездов представляет актуальную задачу, которая связана с повышением их проходимости в сложных дорожных условиях.

Анализ результатов моделирования динамики разгона поезда позволил установить критерий формирования сигналов управления исполнительным механизмом привода колес активного прицепа.

На рис. 1 представлен график изменения крюковой силы при движении поезда в составе тягача и прицепа. Из анализа результатов моделирования установлено, что скольжение контактов ведущих колес можно идентифицировать по отрицательному знаку первой производной от сил в сцепке тягача по времени.

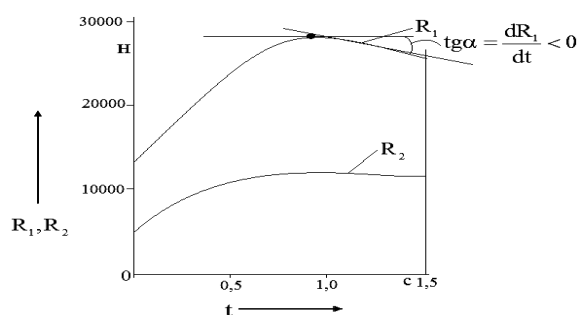


Рис. 1. Изменение сил в сцепке тягача с прицепом

На рис. 2 схематично представлен алгоритм превентивной передачи мощности колесам активного полуприцепа/прицепа.

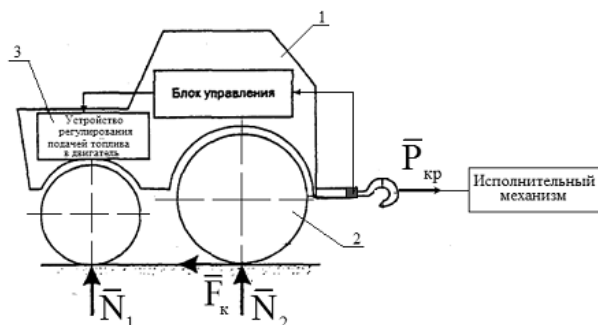


Рис. 2. Схема формирования сигналов управления: 1 — корпус колесного трактора; 2 — ведущие колеса; 3 — механизм регулирования подачи топлива в двигатель

Проведены предварительные испытания датчика измерения сил в сцепке колесного трактора на стенде КИ-8927 (рис. 3).

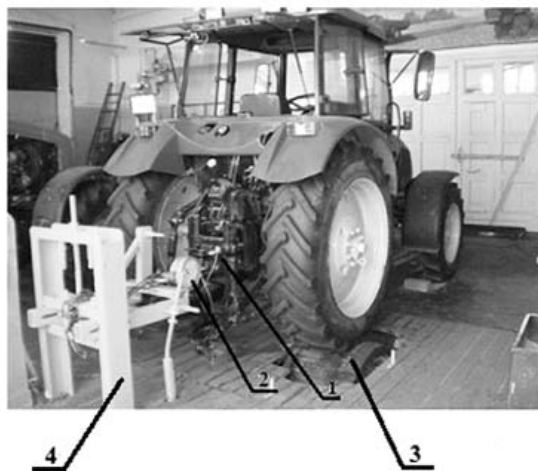


Рис. 3. Стенд испытаний датчика измерения крюкового усилия: 1 – датчик измерения сил в сцепном устройстве; 2 – динамометр; 3 – опорные барабаны колес; 4 – стойка, удерживающая трактор от перемещения

На рис. 4 представлен датчик измерения сил в сцепке, включенный в сцепное устройство.



Рис. 4. Датчик измерения сил, включенный в сцепное устройство

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стенд для диагностики колесных тракторов КИ-8927. – Ужгород: ГОСНИТИ, 1978. – 21 с.
2. Управление движением колесных машин / С. Н. Поддубко [и др.]; под ред. проф. И. С. Сазонова. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2018. – 510 с. : ил.
3. Основы создания САБ АТС на основе силового анализа / И. С. Сазонов [и др.]. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2016. – 118 с.: ил.
4. Способ регулирования режимов движения мобильных машин: пат. RU 2125517 / В. А. Ким. – Оpubл. 27.01.1999.

УДК 629.113

ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ ЦИФРОВОЕ УСТРОЙСТВО СТЕНДА ТЯГОВЫХ КАЧЕСТВ

В. В. ГЕРАЩЕНКО, Н. А. КОВАЛЕНКО, А. Э. ТАРАН

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Известные стенды тяговых качеств содержат, как правило, беговые барабаны; нагрузочное устройство, выполненное в виде балансирующей электрической машины, ротор которой соединен валом с ведущим барабаном; измеритель нагрузки, выполненный в виде маятникового динамометра; монтажную плиту; тахогенератор.

Диагностирование на них осуществляется не по колесной мощности, а по ее производной – силе тяги или моменту на ведущих колесах автомобиля, измеряемыми стрелочными маятниковыми динамометрами. Эти показания необходимо записывать при диагностировании на бумагу. Также записывается и значение частоты вращения ротора электромашины по показаниям тахогенератора. Оператор стенда преобразует значение частоты вращения в угловую скорость, выполняет операцию перемножения значения момента на значение угловой скорости вращения ротора. Результатом перемножения и будет колесная мощность.

Из-за этого результат диагностирования автомобиля отличается погрешностями, а последующее устранение обнаруженных неисправностей недостаточно обеспечивает восстановление колесной мощности автомобиля, производительности и расхода топлива. Кроме того, применение балансирующей электрической машины в качестве нагрузочного устройства удорожает стенд и повышает расходы на его эксплуатацию.

Таким образом, возникает необходимость в совершенствовании стенда путем применения в качестве нагружающего устройства более дешевых электрических машин обычного исполнения и путем обеспечения выполнения диагностирования автомобиля непосредственно по основному показателю, а именно по колесной мощности.

Разработанный стенд содержит монтажную плиту, ведущие и ведомые беговые барабаны; нагрузочное устройство, выполненное в виде электрической машины общего назначения, ротор которой соединен упругим валом с ведущим барабаном; импульсный датчик крутящего момента, установленный на упругом валу, включающий металлические диски с радиальными прорезями и выступами; преобразователи импульсные, дифференцирующие цепи с отсекающими диодами; триггер с двумя входами; интерфейс с микропроцессорной системой, содержащей микропроцессор с внутренней памятью в виде регистров общего назначения; генератор тактовой частоты и таймер, соединенные с микропроцессором; шину

данных и шину управления; оперативное и постоянное запоминающие устройства, выполненные трехканальными; цифро-аналоговый преобразователь; триггер со счетным запуском, входом, соединенный с выходом первой дифференцирующей цепи; первый аналого-цифровой преобразователь длительности импульсов напряжения в 16-разрядный код, соединенный с выходом импульсного датчика крутящего момента; второй аналого-цифровой преобразователь импульсов напряжения в 16-разрядный код, соединенный с выходом триггера со счетным запуском; третий аналого-цифровой преобразователь частоты вращения ротора электрической машины в 16-разрядный код, соединенный с выходом импульсного датчика частоты вращения ротора электрической машины. При этом выходы первого, второго и третьего аналого-цифровых преобразователей соединены с первым, вторым и третьим каналами интерфейса соответственно, четвертый канал которого соединен с входом цифро-аналогового преобразователя, выход которого соединен с измерительным прибором, пятым каналом интерфейс через шину управления соединен с микропроцессором и с первыми каналами оперативного и постоянного запоминающих устройств, вторые каналы которых соединены с шиной адреса, а третьи каналы – с шиной данных, шестым каналом интерфейс соединен через шину данных с микропроцессором, а микропроцессор соединен с шиной адреса.

Первый, второй и аналого-цифровые преобразователи содержат общий высокочастотный автоколебательный мультивибратор, третий аналого-цифровой преобразователь содержит низкочастотный автоколебательный мультивибратор, а частоты выходных сигналов как высокочастотного, так и низкочастотного автоколебательных мультивибраторов выбраны с обеспечением достаточной точности кодирования прямоугольных импульсов напряжения.

При диагностировании автомобиль устанавливают ведущими колесами на беговые барабаны стенда, включают асинхронную электрическую машину в режиме «электродвигателя» и педалью управления топливopодачей разгоняют ведущие колеса до частоты вращения выше синхронной частоты вращения электрической машины. При этом электрическая машина переходит работать в режим генератора, нагружая моментом сопротивления автомобиль.

На выходе аналого-цифровых преобразователей момента и частоты вращения ведущего колеса формируются цифровые коды. После их обработки микропроцессорной системой на ее выходе формируется цифровой код, который регистрируется измерительным прибором. Это и будет колесная мощность автомобиля. При сравнении показаний прибора с нормативной величиной колесной мощности принимается решение о наличии или отсутствии неисправностей автомобиля.

УДК 629.113
КОМБИНИРОВАННАЯ РОТАЦИЯ КОЛЕС – ВОЗМОЖНАЯ
АЛЬТЕРНАТИВА СЕЗОННОЙ СМЕНЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН

Н. Н. ГОБРАЛЕВ, А. Н. ЛЕВЧЕНКО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Лето, зима и снова лето, а за ним зима, и так далее. Для автомобилистов смена времен года всегда сопряжена с определенными волнениями – необходимостью «переобувания» своего автомобиля соответствующими шинами. На зиму – зимними, на лето – летними. С одной стороны потребность этой процедуры активно пропагандируется фирмами-производителями автошин, с другой – однозначно регламентируется требованиями правил дорожного движения [1] и жестко контролируется работниками государственной автоинспекции. И если для предприятий, где эксплуатируются грузовые автомобили и транспорт повышенной тоннажности, контроль исполнения требований ПДД несколько смягчен, то для автолюбителей никаких снисхождений даже не рассматривается. Поэтому у них в межсезонье появляются дополнительные хлопоты и расходы, которые желательно уменьшить или по возможности исключить вообще.

Чем же они объясняются?

Во-первых, необходимостью покупки и последующего хранения у себя двух комплектов автошин – летнего зимой и зимнего летом.

Хорошо, если имеется подходящее помещение, например гараж. А если его нет? Держать четыре колеса в квартире на балконе или подвале крайне неудобно. Да и требуемых по технологии хранения условий для этого нет. В некоторых странах с развитым автосервисом подменные автопокрышки входят в стоимость сезонного шиномонтажа и остаются на хранение на складах сервиса.

Во-вторых, экономической составляющей.

К привычным расходам по автомобилю в виде заправки топливом, замены масла, фильтров, ремней и т. д. добавляются расходы на шиномонтаж, балансировку, корректировку развала-схождения колес и, самое существенное, покупку еще одного комплекта автошин.

В-третьих, фактическим износом протектора автошин.

Подмечено, что при среднем годовом пробеге автомобиля 10...15 тыс. км летняя автомобильная шина изнашивается от изначальной высоты протектора в 7,5 мм до допустимой в 1,6 мм примерно в течение пяти-шести лет. Зимняя шина – от изначальной 7,5 мм до допустимой 4,0 мм

даже более шести лет [2]. Но фирмы-изготовители автомобильных шин не рекомендуют эксплуатировать покрышки старше пяти лет, т. к. их резина по причине «старения» теряет необходимые реологические свойства. А если пробеги автомобиля будут меньше? Тогда довольно часто получается, что шина еще не изношена, а ее уже целесообразно менять.

По совокупности отмеченных причин появляется стремление найти какую-то альтернативу, позволяющую хоть как-то уменьшить расходы автовладельцев [3].

Определенным выходом из создавшейся ситуации может стать комбинированная ротация зимних и летних шин.

В чем же она заключается?

Зимой следует на автомобиле устанавливать, как и положено, зимнюю автошину, для которой периодически делать ротацию колес по ведущей и ведомой оси. Летом же предлагается использовать комплект из двух автошин из летней резины и двух автошин из зимней резины. На ведущей оси автомобиля для уменьшения износа целесообразно монтировать летние автошины, а на ведомой – зимние. Подменную пару зимних шин тоже желательно ежегодно менять. Причем, такую перестановку без особого труда может делать самостоятельно любой автолюбитель.

Таким образом, экономический эффект от проводимых мероприятий будет складываться из стоимости покупки только одной пары колес летней резины и проведения дважды в год их шиномонтажа с сопутствующей балансировкой. Кроме того, обеспечить хранение пары колес значительно проще, чем четырех.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ярошко, М. Е.** Конспект по изучению правил дорожного движения: пособие для учащихся автошкол по подготовке водителей транспортных средств категории «В» / М. Е. Ярошко, В. А. Кадулин. – 4-е изд. – Минск: Тоннпик, 2010. – 144 с.: ил.
2. Шины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.shina.by/tires.php>.
3. **Гобралев, Н. Н.** Возможная альтернатива шипам зимних покрышек / Н. Н. Гобралев // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф.: в 2 ч. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2008. – Ч. 2. – С. 23.

Е. В. ЖАРАВОВИЧ, И. Н. ФОЙНИЦКАЯ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Развитие современных городов невозможно без дорожно-транспортной инфраструктуры. Одновременно, активная эксплуатация транспорта оказывает существенное, а иногда даже губительное действие на окружающую среду.

Автомобили сжигают большое число нефтепродуктов. Для сравнения, вредные выбросы от железнодорожного транспорта по объему в десятки раз меньше, чем от автотранспорта. Выхлопные газы содержат более 200 видов вредных веществ, обладающих негативным действием.

Различные виды топлива, продукты износа шин, тормозных колодок, сыпучие и пылящие грузы приводят к загрязнению прилегающей к дороге территории. В стоках с проезжей части дорог содержатся взвешенные частицы, остатки топлива, масел, тяжелые металлы. А в зимний период к ним добавляется хлористый натрий, соль сильвинитовых отвалов, хлористый кальций чешуирующий, бишофит чешуирующий, нитрат кальциевая мочевины, природные подземные рассолы. Все эти соединения оказывают неблагоприятное воздействие на окружающую среду. Одна из них – чрезмерное засоление почв, приводящее к уменьшению их плодородия, ухудшению качества поверхностных и грунтовых вод.

Для снижения негативного воздействия выбросов транспорта на окружающую среду в Республике Беларусь разработаны и реализуются меры организационного, технического и экономического характера. Приняты новые межгосударственные и республиканские стандарты на бензины и дизельное топливо с улучшенными характеристиками по содержанию серы, бензола и др. вредных веществ. Одним из перспективных направлений, позволяющих значительно уменьшить негативное воздействие выхлопных газов на атмосферу, является развитие электромобилей. Дополнительным преимуществом электрокаров является значительное уменьшение габаритных размеров, т. к. упрощается их конструкция. Этот фактор особенно важен при поиске места для парковки в крупных городах и густонаселенных микрорайонах. Значительно снижаются сервисные расходы на обслуживание электрокара. Еще один плюс электрокаров – это его тихоходность, что позволяет решить проблему снижения уровня шума в современных городах. Решающий аргумент – это значительное сокращение себестоимости электроэнергии с введением в эксплуатацию ОАЭС.

УДК 629.113
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ
АВТОМОБИЛЕЙ С АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОРОБКОЙ ПЕРЕДАЧ

Н. А. КОВАЛЕНКО, В. В. ГЕРАЩЕНКО, А. Э. ТАРАН
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Расход топлива автомобиля с автоматической коробкой передач является важным эксплуатационным показателем. Одной из причин недостаточной топливной экономичности является то, что коэффициент полезного действия (КПД) гидротрансформатора (ГТ), составляющего основу автоматической коробки передач, в процессе эксплуатации изменяется в зависимости от его передаточного отношения $i_{ГТ}$ (рис. 1).

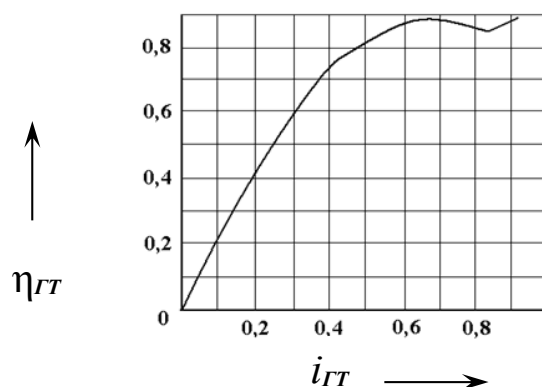


Рис. 1. Зависимость КПД гидротрансформатора от передаточного отношения

Из графика видно, что при передаточном отношении, равном 0,7, коэффициент полезного действия ГТ $\eta_{ГТ} = 0,88$. И это – максимальное значение. При передаточном отношении, равном 0,5, наблюдается снижение КПД ГТ, а при его работе с $i_{ГТ} = 0,4$ и ниже КПД резко снижается. Например, при передаточном отношении, равном 0,4, КПД равен 0,73. Следовательно, мощность на турбине меньше мощности на валу двигателя на 27 %, и дальнейшее снижение мощности нежелательно, т. к. резко ухудшается топливная экономичность.

Для исключения таких нагрузочных и скоростных режимов работы, водителю необходимо иметь информацию о достижении передаточным отношением ГТ заданного предельного значения (например, 0,4). Если в процессе эксплуатации автомобиля передаточное отношение достигнет такого значения, то водитель должен изменить режим его работы, чтобы повысился КПД ГТ. Тогда повысится и топливная экономичность.

В разработанном устройстве (рис. 2) определяется заданное минимальное значение коэффициента полезного действия ГТ. Оно включает в себя сам гидротрансформатор 1 с насосным колесом 2 и турбиной 3, два

металлических диска 4 и 5 с радиальными прорезями и выступами, установленных соответственно на валах насосного колеса и турбины, и два импульсных щелевых преобразователя 6 и 7. Устройство содержит также первую 8 и вторую 9 цепи обработки сигналов, поступающих соответственно с преобразователей 6 и 7.

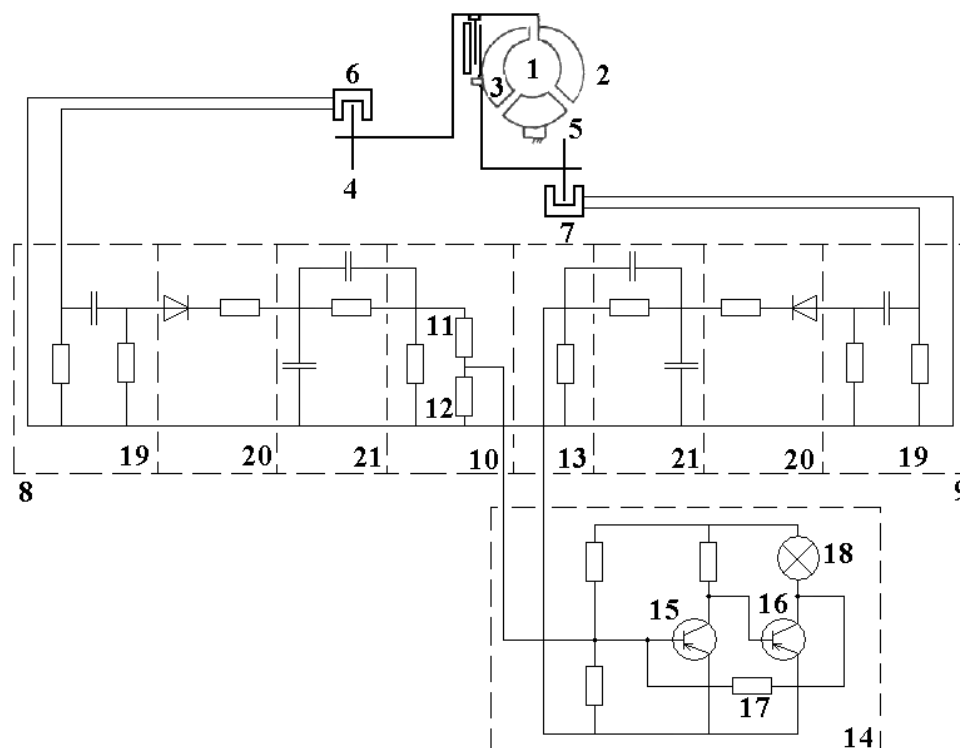


Рис. 2. Схема устройства

В устройстве имеется вычитающий элемент 10, выполненный на резисторах 11, 12 и 13, с коэффициентом деления, равным 0,4. На резисторах формируются напряжения, пропорциональные частотам вращения турбины и насосного колеса, посредством дифференцирующих цепей 19, интегрирующих цепей 20 с диодом и ускоряющих цепей 21. Разность напряжений обрабатывается усилителем 14, выполненном на транзисторах 15, 16 с резистором обратной связи 17. В коллектор второго транзистора 16 установлена электрическая лампа 18.

При эксплуатации автомобиля насосное колесо и турбина ГТ вращаются с частотами вращения, соответствующими заданному режиму его работы. При достижении передаточного отношения, равного 0,4, напряжение на выходе вычитающего элемента становится равным нулю, транзистор 15 закрывается, а транзистор 16 открывается. В результате, контрольная лампа загорается. Используя эту информацию, водитель изменяет режим эксплуатации, вследствие чего коэффициент полезного действия гидротрансформатора повышается, а расход топлива снижается.

УДК 629.362
АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
МОБИЛЬНЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
АВТОМОБИЛЕЙ ПОСЛЕ ДТП

Д. И. ЛЕБЕДЕВ, В. Д. РОГОЖИН
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Развитие мировой автоиндустрии положительно влияет на экономические показатели как автопроизводителей, так и потребителей автосервисных услуг. Совершенствование транспортных средств (далее – ТС), направленное на повышение уровня комфортности, топливной экономичности и т. п., сопровождается усложнением их конструкций, повышением стоимости и затрат в период эксплуатации; предъявляются повышенные требования к автосервисам при проведении ТО и ТР ТС, а также требуется большая компетентность от владельцев при управлении ТС. Повышение уровня автомобилизации населения выступает стимулом для интенсивного развития рынка автосервисных услуг [1]. При этом весьма актуальными становятся выполнение участниками дорожного движения требований безопасности движения и возникающего в случаях ДТП причиненного ущерба их участникам. В большинстве случаев всевозможные вопросы, связанные с ДТП, с качеством ремонта и технического обслуживания транспортных средств, могут быть в полной мере и достоверно разрешены только с помощью применения специальных технических познаний в области автотехнической экспертизы [2].

Согласно [2], автотехническая экспертиза проводит: исследование технического состояния транспортных средств для установления исправности и выходных параметров систем, агрегатов, узлов, влияющих на безопасность дорожного движения; характера, причин и времени возникновения неисправностей; возможности обнаружения неисправности до момента наступления ДТП; установление причинной связи между обнаруженной неисправностью и событием происшествия; обстоятельств, связанных с техническим состоянием транспортных средств, которые способствовали или могли способствовать возникновению ДТП.

Проверка технического состояния ТС происходит в соответствии с требованиями, изложенными в [3], действующих НПА и ТНПА внутренних инструкций и руководств по эксплуатации ТС.

Для получения наиболее достоверных данных необходимо проводить оценку технического состояния ТС непосредственно на месте ДТП, чтобы сохранить условия (погодные условия, качество дорожного покрытия и т. д.), в которых транспортное средство попало в ДТП. В данный момент на территории Республики Беларусь отсутствуют мобильные комплексы для проведения экспертизы ТС в дорожных условиях.

Таким образом, разработка методики проектирования мобильных комплексов для проведения экспертизы ТС после ДТП в дорожных условиях, а также их использование при выезде в места обследования технического состояния ТС с дефицитом оборудования (парковки и места хранения ТС) являются актуальными задачами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обеспеченность населения легковыми автомобилями на 01.01.2018 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belta.by/infographica/view/obespechennost-naselenija-legkovymi-avtomobiljami-14112/>. – Дата доступа: 30.10.2018.
2. Автотехническая экспертиза [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sudexpert.by/sudebnye-ekspertizy/avtotekhnicheskaya-ekspertiza.html>. – Дата доступа: 04.02.2019.
3. **СТБ 1641–2006.** Транспорт дорожный. Требования к техническому состоянию по условиям безопасности движения. Методы проверки. – Минск: Госстандарт, 2006. – 39 с.

В. П. ЛОБАХ, В. Н. ШАРКОВ, А. А. РАДЕВИЧ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Современные автомобили оборудуют антиблокировочными системами (АБС), несмотря на сложность их конструкции и дороговизну, что позволяет сократить число дорожно-транспортных происшествий (ДТП), и тем самым уменьшить связанные с ними материальные потери. Проблема безопасности движения во многом зависит также от технического состояния АБС, как основного элемента активной безопасности, которое можно оценить, используя специальные методы и средства. Для разработки таких методов и средств диагностирования АБС требуется знание ее конструкции и работы, принципиальная схема устройства которой представлена на рис. 1.

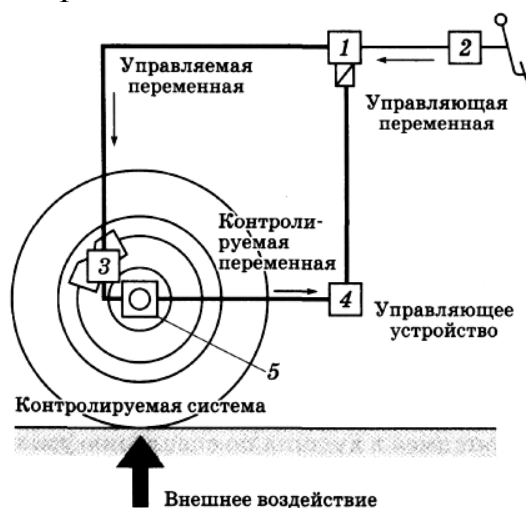


Рис. 1. Принципиальная схема АБС: 1 – исполнительный механизм; 2 – главный тормозной цилиндр; 3 – колесный тормозной цилиндр; 4 – блок управления; 5 – датчик угловой скорости колеса

АБС предотвращает блокировку колес при торможении путем автоматического регулирования тормозного момента, тем самым обеспечивает оптимальную эффективность торможения и повышает устойчивость автомобиля при торможении. АБС различают по способу регулирования тормозного момента, наиболее эффективной из которых является АБС, регулирующая тормозной момент в зависимости от коэффициента λ относительного скольжения колеса. От коэффициента λ зависит коэффициент μ сцепления колеса с дорогой (рис. 2), а значит и эффективность торможения автомобиля. Коэффициент λ относительного скольжения колеса определяется по выражению

$$\lambda = \frac{v - \dot{\omega} \cdot r}{v}, \quad (1)$$

где v – линейная скорость оси колеса; $\dot{\omega}$ – угловая скорость колеса; r – радиус колеса.

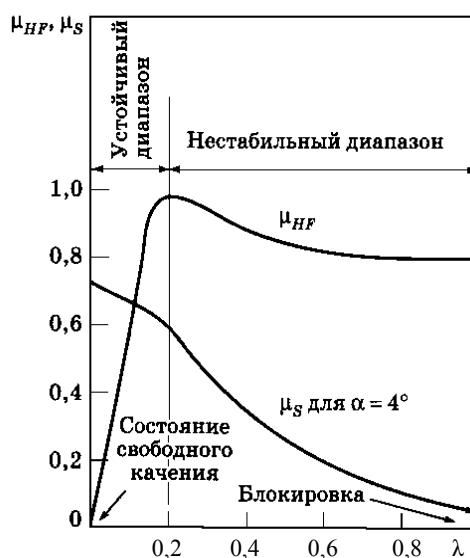


Рис. 2. Зависимость коэффициента сцепления колеса с дорогой от относительного скольжения колеса: μ_S – коэффициент сцепления в поперечном направлении; μ_{HF} – коэффициент сцепления в направлении движения; λ – коэффициент относительного скольжения колеса

Установлено, что при значениях λ , равных $0,1 \dots 0,3$, которое называется критическим $\lambda_{кр}$, коэффициент сцепления μ будет наибольшим (см. рис. 2). Поэтому задачей АБС является поддержание в процессе торможения такой угловой скорости колеса, при которой коэффициент относительного скольжения колеса будет равным $\lambda_{кр}$.

Таким образом, в качестве диагностического параметра для оценки технического состояния АБС нами предлагается принять коэффициент λ .

Разработанный нами метод диагностирования АБС заключается в определении коэффициента λ относительного скольжения колеса по формуле (1) и сравнении его с критическим $\lambda_{кр}$, равным $0,1 \dots 0,3$, которое принимаем за нормативное, а техническое состояние АБС при равенстве этих коэффициентов будет исправным.

Для реализации предложенного метода диагностирования АБС по значению коэффициента относительного скольжения колеса необходимо оборудование, позволяющее замерять угловую скорость $\dot{\omega}$ колеса и линейную скорость v оси колеса, рассчитывать коэффициент λ относительного скольжения колеса и сравнивать значение рассчитанного коэффициента λ с нормативным $\lambda_{кр}$.

В. П. ЛОБАХ, В. Н. ШАРКОВ, А. Н. РАДЕВИЧ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

АБС предотвращает блокировку колес при торможении путем автоматического регулирования тормозного момента, тем самым обеспечивает оптимальную эффективность торможения и повышает устойчивость автомобиля при торможении. Наиболее эффективной является АБС, регулирующая тормозной момент в зависимости от коэффициента λ относительного скольжения колеса, оптимальное значение которого равно $0,1 \dots 0,3$. При этом коэффициент сцепления колеса с дорогой, а значит и эффективность торможения будут наибольшими. Требуется оборудование, позволяющее определить техническое состояние и исследовать эффективность работы АБС. Нами разработан стенд, с помощью которого можно выполнить диагностирование АБС с использованием в качестве диагностического параметра коэффициента λ , а также возможно при незначительной модернизации стенда проводить исследования АБС.

Принципиальная схема стенда приведена на рис. 1.

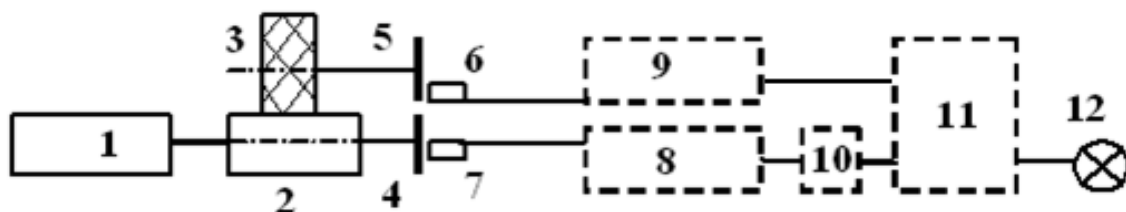


Рис. 1. Принципиальная схема стенда для диагностирования АБС

Стенд состоит из электродвигателя 1, который приводит во вращение барабан 2 и установленное на нем колесо 3 автомобиля. На ось барабана 2 и на колесо 3 автомобиля установлены металлические диски 4 и 5 с выступами и впадинами, а рядом с ними индукционные датчики 6 и 7, сигналы с которых при вращении колеса 3 и барабана 2 передаются на соответствующие устройства 8 и 9 для их обработки. На выходах устройств 8 и 9 формируются напряжения, пропорциональные частотам вращения барабана и колеса. Выходное напряжение устройства 8 распределяет делитель 10, на выходе которого формируется напряжение, равное $0,3$ от напряжения на входе. Вычитающий элемент непрерывно определяет разность выходных сигналов делителя 10 и устройства 9 и при достижении коэффициента проскальзывания, равного $0,3$, сигнал на выходе вычитающего элемента становится равным нулю. Транзистор усилителя 11

открывается и загорается контрольная лампа 12, что свидетельствует о том, что λ меньше или равно 0,3 и АБС исправна.

На рис. 2 представлены сигналы, формируемые устройствами 8 и 9 при разных частотах вращения дисков 4 и 5. Сигналы представлены в виде периодической последовательности прямоугольных импульсов напряжения, при этом с увеличением частоты вращения возрастает частота следования прямоугольных выступов (см. рис. 2, а).

На рис. 2, б приведены сигналы на выходе дифференцирующих цепей, на рис. 2, в – сигналы на входе интегрирующей цепи, на рис. 2, г – сигналы на выходе интегрирующей цепи.

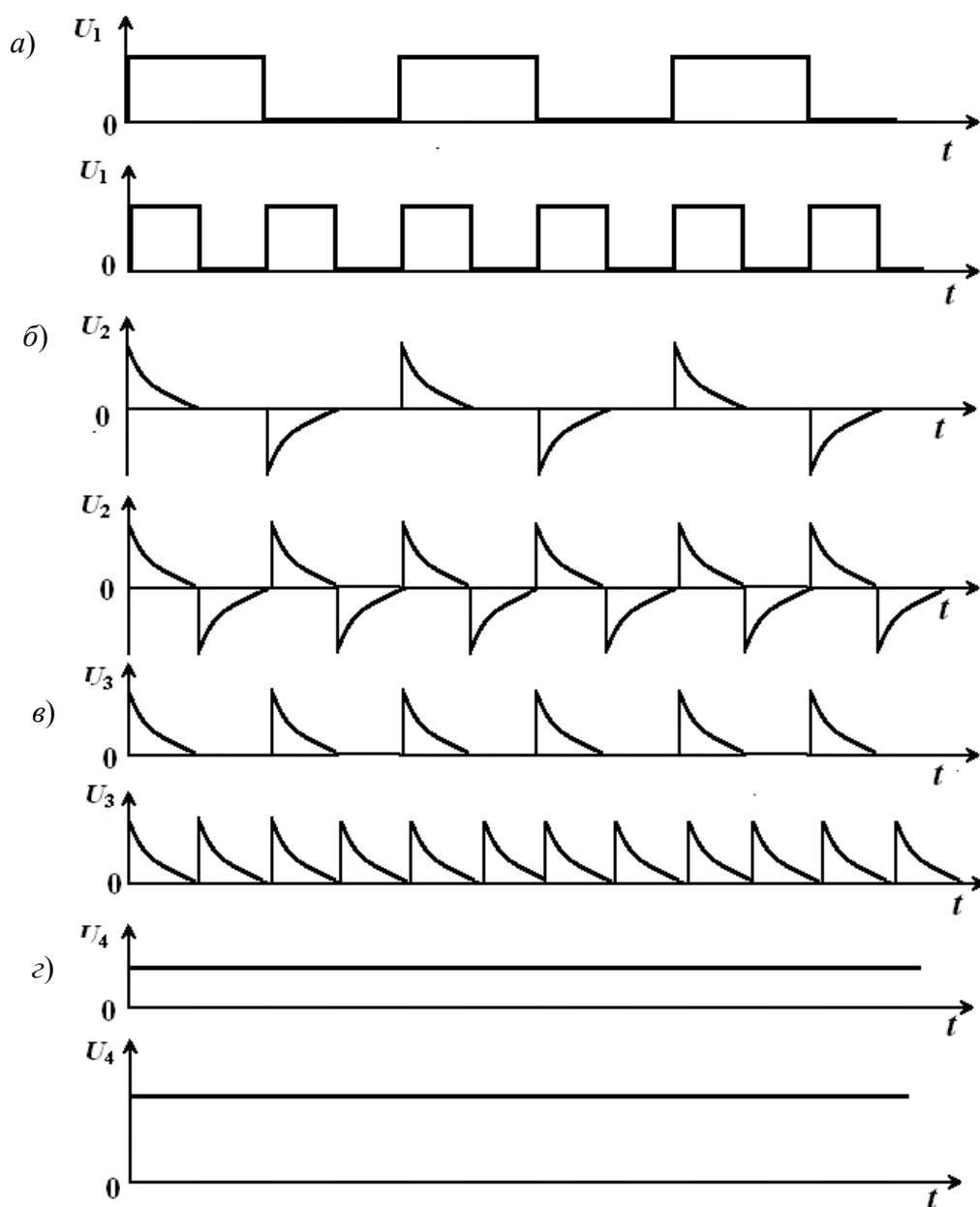


Рис. 2. Сигналы от индукционных датчиков в цепях их обработки

УДК 656.13.072:629.113.004.5
ИССЛЕДОВАНИЕ УДЕЛЬНОЙ ЦЕНЫ ПРОХОЖДЕНИЯ ТЕХОСМОТРА
АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

С. В. ЛЯХОВ

Белорусский научно-исследовательский институт
транспорта «Транстехника»
Минск, Беларусь

В Республике Беларусь процент технического осмотра автомобилей остается крайне низким, что является проблемой в обеспечении безопасности дорожного движения. Одним из главных факторов выступает цена. Для увеличения количества автомобилей, прошедших технический осмотр, межведомственной рабочей группой рассматривается вопрос разделения оплаты за технический осмотр и государственной пошлины.

В законодательном регулировании в области проведения технического осмотра в Европейском союзе прошли значимые изменения. Вместо Директивы 2009/40/ЕС с 20 мая 2018 г. начала действовать Директива 2014/45/ЕС. Согласно директиве, сроки обязательной периодичности прохождения технического осмотра легковых автомобилей в Европейском союзе установлены достаточно большие (последняя строка табл. 1).

Табл. 1. Сроки периодичности технического осмотра

Страна	Грузовые автомобили и прицепы**, года	Автобусы более чем с 8 пассажирами, года	Легковые автомобили и легкие грузовики, года
Беларусь	2 + 1 + ...	2 + 1/2 + ...	Массой менее 0,75 т.: 2 + 2 + 2 + + 2 + 2 + 1 ... Массой более 0,75 т.: 2 + 1 + ...
Россия	1 + ...	1/2 + ...	3 + 2 + 2 + 1 + ...
Казахстан	1 + ...	1/2 + ...	7 + 1 ...
Литва	1 + ...	1 + ...	3 + 2 + 2 + 2 + 2 + 1 + ...
Австрия	1 + ...	3 + 1 + ...	3 + 2 + 1 ...
Украина	1 + ...	1 + ...	4 + 2 + ...
Великобритания	1 + ...	1 + ...	5 + 1 + ...
Португалия	5 + 1 + ...	1 + ...	5 + 1 + ...
Финляндия	1 + ...	1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1/2 ...	3 + 1 + ...
Франция	1 + ...	1/2 + ...	3 + 2 + ...
ФРГ	1 + ...	1 + ...	3 + 2 + ...
Швейцария	3 + ...	Нет данных	1 + ...
Швеция	2 + 1 + ...	2 + 1 + ...	3 + 2 + ...
Директива 2014/45/ЕС	Не более 1 + ...	Не более 1 + ...	Не более 4 + 2 + ...

Примечание – * – расшифровка периодичности сроков: 3+ – период с года выпуска в обращение не проходят техосмотр; + 2 + – период последующего прохождения техосмотра; + ... – дальнейшее повторение периода; ** – массой более 3,5 т

Для анализа сложившейся ситуации в прохождении технического осмотра целесообразно оценить его цену в разных странах. Экономические показатели уровня жизни в странах различны, цена и сроки прохождения технического осмотра на протяжении жизненного цикла автотранспортного средства в странах меняются по-разному. Поэтому сравнительную оценку в абсолютных единицах цены проводить некорректно.

Исходя из вышеописанного предлагается сравнивать цену прохождения технического осмотра по двум показателям:

- 1) удельная цена технического осмотра за год, отн. ед./год;
- 2) удельная цена технического осмотра по нарастающей, начиная с года выпуска в обращение до окончания жизненного цикла автотранспортного средства, отн. ед./год.

Для нахождения данных параметров цена прохождения технического осмотра в каждый период приравнивается к одной единице. Далее единица разбивается на равные величины в зависимости от количества лет в периоде. Строится матрица по годам, где каждая страна имеет свою строку. Для легковых автомобилей в России (см. табл. 1) она будет: $1/3$, $1/3$, $1/3$, 1 , 1 и т. д.

Для нахождения удельной цены за год строится матрица, где значения матрицы определяются путем деления значений каждого столбца исходной матрицы на максимальное значение в данном столбце.

Для нахождения удельной цены по нарастающей строится матрица, где каждое значение в строке данной матрицы определяется нарастающей суммой значений в строке исходной матрицы (от количества лет). Например, по России: $1/3$; $1/3 + 1/3$, $1/3 + 1/3 + 1/3$ и т. д. Все значения в матрице делятся на максимальное число в матрице.

Для двух матриц строятся 3-мерные графики, как показано на рис. 1.

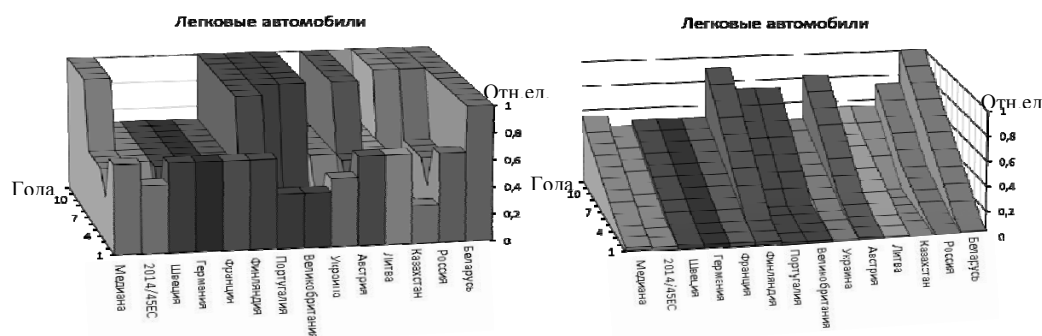


Рис. 1. Удельная цена за год технического осмотра и удельная цена по нарастающей в период жизненного цикла

Из графиков следует, что в Республике Беларусь одной из основных проблем нежелания проходить технический осмотр легковых автомобилей, является не только цена государственной пошлины, но и стоимость самого диагностирования в жизненном цикле автомобиля. Удельная цена прохождения техосмотра по годам и в период жизненного цикла автотранспортного средства значительно превышает многие страны ЕС, а в ближайшие годы в Европейском союзе с приведением сроков периодичности к новой Директиве разница еще более увеличится.

УДК 629.113.585
НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ БЕСПИЛОТНОГО АВТОТРАНСПОРТА

С. В. ЛЯХОВ

Белорусский научно-исследовательский институт
транспорта «Транстехника»
Минск, Беларусь

Развитие беспилотного автомобильного транспорта в нашей стране находится в состоянии ожидания старта. Внедрение беспилотного автотранспорта определено правительством Республики Беларусь как одно из важнейших направлений в развитии автотранспортных перевозок. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 14 ноября 2018 г. № 823 создан Совет по развитию беспилотного автотранспорта и утверждено его положение.

Лидерами в области создания беспилотных автомобилей являются как крупные производители автомобилей, так и IT-компании США и Европы. Благодаря им сложились определенные тенденции в развитии беспилотного автотранспорта. Рассмотрим основные из них.

К беспилотным автомобилям выдвигается целый комплекс требований:

- снизить аварийность на дорогах до 70...80 % за счет устранения человеческого фактора и предсказания среды движения;
- обеспечить экономию топлива до 30 % за счет оптимизации маршрута движения и скоростного режима движения;
- уменьшить выброс вредных веществ за счет оптимизации маршрута движения и скоростного режима движения;
- уменьшить стоимость перевозки за счет сокращения затрат на зарплату водителя, командировочные расходы;
- увеличить ресурс транспортного средства за счет оптимизации маршрута движения и скоростного режима движения;
- обеспечить длительное безостановочное движение за счет отсутствия фактора усталости водителя;
- увеличить трафик движения за счет предсказания дорожной ситуации, уменьшения расстояния между автомобилями в потоке движения;
- сократить стоимость строительства дорог до 30 % за счет уменьшения их ширины, отсутствия обочин, заграждений, освещения.

Согласно стандарту США SAE J 3016 определены этапы перехода к беспилотному автотранспорту (рис. 1).

Развитие беспилотного автотранспорта связывается с взаимодействием трех направлений автоматизации:

- 1) использование систем управления беспилотным режимом

движения;

2) использование обмена данными между различными объектами (V2X технология) (рис. 2);

3) использование интеллектуальных транспортных дорог.

	Уровень, степень автоматизации	Контроль среды движения	Функции
Контроль среды движения системой управления	5 Уровень. Полная автоматизация	Система управления	Система автоматизации вождения полностью берёт на себя те же функции, что и водитель, при этом она может работать в любых условиях внешней среды
	4 Уровень. Высокая автоматизация	Система управления	Управление движением с полным контролем берет на себя система управления без разрешения водителя
	3 Уровень. Условная автоматизация	Система управления	Управление движением берет на себя система управления при разрешении водителем
Контроль среды движения водителем	2 Уровень. Частичная автоматизация	Система управления	Адаптивный круиз-контроль с поддержкой функции движения в полосе
	1 Уровень. Ассистент водителя	Водитель и система управления	Контроль устойчивости, ускорения и торможения
	0 Уровень. Нет	Водитель	АБС/ПБС

Рис. 1



Рис. 2

Наиболее важным элементом обмена данными V2X является обмен между автомобилями V2V. Такой обмен должен обеспечить:

- предупреждение о движении автомобилей в слепой зоне;
- помощь при смене полосы, аналогично слепой зоне, но с большим количеством параметров;
- предупреждение об опасности обгона;
- предупреждение о возможных столкновениях на перекрестках;
- предупреждение о движении по встречной полосе.
- обеспечение совместного адаптивного круиз-контроля – караванное движение (автоматическое движение на коротком расстоянии нескольких автомобилей (движение в одном воздушном потоке экономит топливо)).

Можно констатировать: беспилотный автотранспорт развивается по пути объединения технологий использования систем управления совместным беспилотным движением автомобилей с использованием технологий обмена данными с окружающей инфраструктурой. Разработка стандартов по беспилотному автотранспорту, построение информационных сетей для автомобилей является приоритетной задачей стран ЕС и США развития автомобильного транспорта в ближайшие 10 лет.

УДК 629.113
ОБОСНОВАНИЕ ИСТОЧНИКОВ ПЕРВИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ
И КРИТЕРИЕВ ФОРМИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ
СИСТЕМЫ АКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДВУХКОЛЕСНЫХ МАШИН

А. А. МЕЛЬНИКОВ, А. С. МЕЛЬНИКОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Н. П. АМЕЛЬЧЕНКО
Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Критерием формирования сигналов управления исполнительными механизмами управления движением колесной машины в тяговом и в тормозном режимах являются заданные пороговые значения коэффициентов относительного скольжения контактов колес S . В данных диапазонах S происходит максимальное использование сцепления колес с опорной поверхностью. Коэффициент относительного скольжения колеса зависит от угловой скорости вращения колес ω_k и скорости поступательного движения остова машины V . Угловая скорость вращения колес ω_k измеряется с достаточной степенью точности с помощью апробированных датчиков, скорость поступательного движения остова автомобиля V в системах управления определяют путем опроса угловых скоростей вращения всех колес автомобиля. Средняя скорость движения

$$V_{\text{аср}} = \frac{\sum_{i=1}^m r_{ki} \cdot \omega_{ki}}{m},$$

где $V_{\text{аср}}$ – средняя скорость; ω_{ki} – угловая скорость вращения i -го колеса; m – число колес.

Таким образом, средняя скорость поступательного движения автомобиля определяется путем опроса угловых скоростей вращения всех колес. Но скорости вращения колес машины, находящихся, в общем случае, в различных условиях их сцепления, могут значительно отличаться. Это означает, что ошибка формирования сигнала управления может быть существенной. Поэтому становится очевидным, что решение задачи прямого измерения и анализа сил в контакте колес с опорной поверхностью позволит существенно повысить эффективность алгоритмов управления движением двухколесных машин как в тормозном, так и тяговом режимах их движения. Источник информации о силах в контакте колес с опорной поверхностью дает возможность оценить изменение коэффициентов сцепления колес с опорной поверхностью в боковом направлении, что повышает эффективность алгоритмов управления движением двухколесных транспортных средств.

УДК 629.113
ТРЕБОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТОРМОЗНОГО МЕХАНИЗМА
ДЛЯ ДВУХКОЛЕСНОЙ МОБИЛЬНОЙ МАШИНЫ

А. А. МЕЛЬНИКОВ, А. С. МЕЛЬНИКОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Тормозной механизм должен обеспечивать величину требуемого тормозного момента, определяемую по условию обеспечения сцепления колес с опорной поверхностью исходя из сил, действующих на колесную машину. Для двухколесного мотоцикла СХ-200 тормозной механизм должен создавать величины тормозных моментов на переднем и заднем колёсах мотоцикла соответственно: $M_1 = 397,1 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $M_2 = 348,6 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Механический привод является более предпочтительным по сравнению с гидравлическим приводом, использующим рабочее тело – тормозную жидкость, а также дорогостоящие и сложные комплектующие. В то же время механический привод должен обеспечить усиление передаваемой нагрузки, сопоставимое с гидравлическим приводом.

Конструкция тормоза должна обеспечивать постоянство величины тормозного момента при повышении температуры рабочих поверхностей деталей тормоза при интенсивной работе – в данном случае дисковый тормоз обеспечивает большую по сравнению с барабанным тормозом стабильность тормозного момента при нагреве в процессе работы. Конструкция тормоза должна быть ремонтно-пригодной и обеспечивать замену расходных материалов с минимальной трудоемкостью, так при снятии и установке комплекта тормозных колодок дискового тормоза для мотоциклов с рабочим объемом 90...150 см³ трудоемкость, как правило, должна составлять не более 0,25 нормо-часа. Выбранный тип привода, а также конструкция тормозного механизма должны предусматривать интегрирование разрабатываемого тормоза в систему активной безопасности двухколесной мобильной машины. Тормозной механизм должен обеспечивать реализацию алгоритма управления системой активной безопасности мотоцикла, основанного на анализе силовых факторов, возникающих в контакте колес с опорной поверхностью.

Поддержание требуемого зазора между тормозным диском и тормозными колодками, который, как правило, составляет 0,1...0,15 мм, должно обеспечиваться автоматически, возможность поддержания требуемого зазора должна быть заложена функционально в компоненты тормозного механизма.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОХОДИМОСТИ АВТОМОБИЛЯ
С КОЛЕСНОЙ ФОРМУЛОЙ 6x2

Г. С. МИГУРСКИЙ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Тяговые и опорно-сцепные параметры проходимости характеризуют проходимость автомобиля на мягких и твердых скользких дорогах, а также на подъемах.

Динамический фактор по тяге характеризует тяговые свойства автомобиля при преодолении тяжелых участков дороги с большим сопротивлением движению. Для реализации максимального динамического фактора без буксования ведущих колес необходимо увеличивать сцепление колес с дорогой и повышать сцепной вес автомобиля. Повышение сцепного веса достигается увеличением числа ведущих колес и смещением центра тяжести автомобиля к ведущему мосту. Двигаясь в сторону увеличения числа ведущих колес, рассмотрим схему трансмиссии с приводом 6x6 (рис. 1).

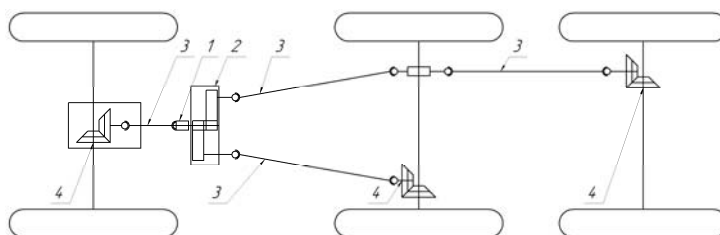


Рис. 1. Схема параллельного привода автомобиля с колесной формулой 6x6: 1 – муфта отключения переднего моста; 2 – межосевой дифференциал; 3 – карданный вал; 4 – межколесный дифференциал

Полный привод имеет ряд достоинств перед другими типами: эффективное использование мощности; улучшенная управляемость авто и его курсовая устойчивость на разных видах покрытия; повышенная проходимость авто. Недостатками являются: сложность конструкции привода, значительная металлоемкость трансмиссии.

Для упрощения привода передачи моментов на ведущие колеса, Робсон предложил простейший роликовый привод. Это – фрикционный привод «Робсона» (рис. 2). Используется такой привод в тягачах с приводом 6x2. В простейшем виде ролик, по нажатию кнопки из кабины водителя, прижимается к колесам ведущего и ведомого мостов и, как посредник, передает крутящий момент от шин ведущего моста на шины ведомого. Таким образом, трехосный автомобиль с компоновкой 6x2, при использовании привода «Робсон», превращает схему в 6x4. Такой вариант

ограничен в передаче крутящего момента из-за риска проскальзывания и не используется без крайней нужды, с целью сохранения ресурса покрышек.

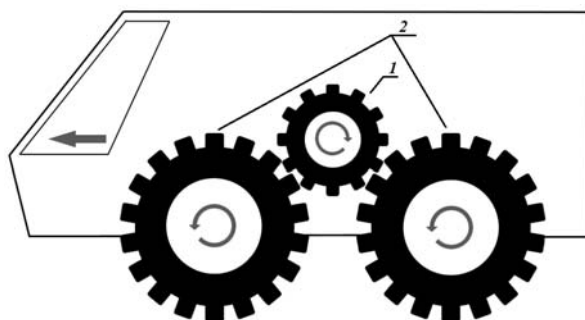


Рис. 2. Роликовый привод (привод «Робсона»): 1 – ролик, передающий крутящий момент от двигателя; 2 – ведущие колеса

Более сложный и более правильный вариант – это зубчатый привод. В нем ролики и шины колес представляют собой совместимые пары – выступы роликов входят в зубчатое зацепление с соответствующим по форме протектором покрышек. Привод позволяет снизить массу автомобиля за счет уменьшения числа мостов и карданных валов. Недостатком такой трансмиссии является увеличенный расход топлива для преодоления трения, а крутящий момент ограничен свойствами зацепления ролика с колесами.

Для совершенствования привода «Робсона» предлагается на его основе разработать цепной привод ведущих колес для автомобиля 6х2 (рис. 3), который, посредством цепной передачи, преобразуется в привод 6х4. Преимуществами такой схемы будут передача большего крутящего момента в связи с отсутствием ограничения свойств зацепления ролика с колесом, увеличение тяговой динамики, уменьшение металлоемкости конструкции и среднего удельного давления шины на опорную поверхность.

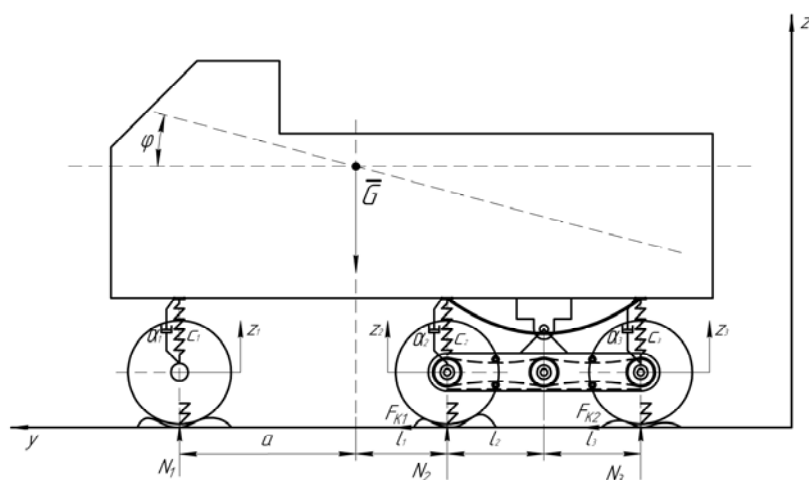


Рис. 3. Схема грузового автомобиля с цепным приводом ведущих колес

УДК 629.114

АКТУАЛЬНОСТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ
ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРОЙ ПАРКА АВТОМОБИЛЕЙ
НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

А. Ю. ПЕРОВ, В. Д. РОГОЖИН
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Для эффективности использования автомобильного парка подвижного состава (далее – ПС) целесообразно на стадии проектирования определить возможные варианты по управлению структуры парка предприятий автомобильного транспорта (далее – АТ). Срок службы автомобиля до списания – один из факторов, влияющих на возрастную структуру (далее – ВС) парка автомобилей. ВС парка ПС, в свою очередь, влияет на показатели эффективности работы предприятия в целом. Установлено, что при старении ПС происходят изменения не только количественных, но и качественных показателей работы парка: увеличивается номенклатура необходимых запасных частей, материалов; появляется необходимость в выполнении новых видов работ, в оборудовании, персонале; снижаются показатели эксплуатационной надежности парка ПС, ухудшаются показатели качества ПС [1, 2].

Значимую роль в обеспечении качественной работы ПС подразделений МЧС играет управление технической эксплуатацией автомобилей. Улучшение показателей работы парка ПС МЧС может быть достигнуто за счет его омоложения, т. е. своевременного списания автомобилей, выработавших свой ресурс, либо по техническому состоянию. Срок службы автомобиля до списания – один из факторов, влияющих на ВС парка автомобилей. ВС парка, в свою очередь, влияет на показатели эффективности работы предприятия в целом.

Согласно [3], нормативный срок службы пожарных автомобилей составляет 10 лет, т. е. ПС автомобильного парка МЧС списывается при достижении автомобилем определенного срока службы. Однако, для подразделений МЧС данный вид списания подходит не в полной мере, т. к. не учитывает специфику работы МЧС, а предназначен, в основном, для АТО, занимающихся коммерческими перевозками, и не учитывает специфику эксплуатации ПС МЧС (эксплуатация в условиях интенсивной запыленности, высоких температур; езда по пересеченной местности с полной загрузкой водой, пенообразователем, оборудованием и снаряжением и т. п.).

Из зарубежного опыта в области устойчивого и экономически эффективного управления оперативным транспортом в области здравоохране-

ния, установлено, что для списания автомобилей могут применяться четыре политики [4].

1. Запланированный срок службы, который устанавливается для каждой категории транспортных средств. Все транспортные средства в категории заменяются, когда они достигают этого установленного возраста, независимо от пробега или состояния.

2. Запланированный пробег устанавливается для каждой категории транспортных средств. Все транспортные средства в категории заменяются, когда они достигают этого пробега, независимо от возраста или состояния.

3. Транспортные средства заменяются независимо от возраста или пробега, когда они превышают установленную стоимость обслуживания.

4. Транспортные средства заменяются, когда их эксплуатационная способность (надежность) падает ниже определенного уровня. Цель этой политики заключается в том, чтобы управлять надежным парком автомобилей с управляемым количеством поломок в заданный период времени.

На практике возможны комбинации их этих политик или методов. Например, один из методов по управлению ВС парка может основываться на запланированном сроке службы и пробеге. Замена происходит, когда тот или иной показатель превышен. Выбор зависит от наличия средств, необходимых для замены моделей в парке ПС проектируемого предприятия АТ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Техническая эксплуатация автомобилей: учебное пособие / Е. С. Кузнецов [и др.]; под ред. Е. С. Кузнецова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Транспорт, 1991. – 413 с.

2. **Кузнецов, Е. С.** Управление технической эксплуатацией автомобилей / Е. С. Кузнецов. – 2-е изд., перераб и доп. – Москва: Транспорт, 1990. – 272 с.

3. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Национальный центр правовой инф. Респ. Беларусь. – Минск, 2019. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/>. – Дата доступа: 29.01.2019.

4. Transport Management: A Self-Learning Guide for Local Transport Managers of Public Health Services / Cuninghame, Christopher, Gary Forster and Chris Saunders. – USAID: DELIVER PROJECT, Task Oder 1, 2010. – 224 p.

УДК 629.113

ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УПРАВЛЯЕМОСТИ МОТОЦИКЛА В ТЯГОВОМ РЕЖИМЕ

М. Л. ПЕТРЕНКО, А. В. ЮШКЕВИЧ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

При движении транспортного средства часто возникают ситуации, которые приводят к изменению сцепления колеса с дорожным полотном, что влияет на устойчивость и управляемость транспортного средства. Причиной возникновения изменения коэффициента сцепления в пятне контакта колеса с дорожным покрытием может являться не только ледяной слой на дорожном покрытии, но и образование различных повреждений целостности дорожного полотна в виде ям и поверхностный слой песка на поверхности основного покрытия. Такие ситуации возникают довольно часто и, при неправильной реакции водителя, способны привести к потере управляемости и курсовой устойчивости в момент выполнения маневра водителем транспортного средства.

Для предотвращения проскальзывания ведущего колеса мотоцикла в тяговом режиме устанавливают противобуксовочные системы, действующие на основе алгоритмов управления на кинематических параметрах, обеспечивая поддержание коэффициента относительного скольжения в заданном диапазоне.

Алгоритмы управления противобуксовочных систем, функционирующие на основе кинематических параметров, обладают низкой информативностью и сложностью из-за необходимости определять дополнительные параметры, в качестве которых выступают угол наклона и ускорения остова мотоцикла.

Для повышения курсовой устойчивости и безопасности движения мотоцикла в тяговом режиме требуется применение в качестве источников информации о поведении колес в пятне контакта с опорной поверхностью силовых факторов, в качестве которых выступают реализуемый крутящий момент и величина боковых сил.

Для формирования диапазона управления реализуемого крутящего момента и величины боковых сил, в процессе управления противобуксовочной системой, были проведены стендовые испытания путем моделирования различных режимов движения мотоцикла, путем задания различных нагрузок со стороны беговых барабанов стенда. В ходе стендовых испытаний производилось измерение величины коэффициента относительного скольжения в пятне контакта колеса с беговым барабаном путем измерения частоты вращения колес и барабанов. Данный метод позволяет оценить достоверность выявленных источников информации.

УДК 62-592.13:629.13
**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ
КОЛЕСНЫХ МАШИН И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ**

С. Ф. ШАШЕНКО, В. А. КИМ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Невысокую эффективность барабанных тормозов чаще всего относят к самому тормозу, а не к колесной машине, оснащенной подобными механизмами. Между тем у барабанных тормозов колесных машин есть неоспоримые преимущества перед дисковыми. Например, барабаны и их накладки изнашиваются гораздо меньше при равных прочих условиях, чем у дисковых тормозных механизмов. Кроме того, барабаны менее чувствительны к грязи.

Приведем некоторые результаты тормозных испытаний автопоездов, полученных производителями (табл. 1).

Табл. 1. Результаты тормозных испытаний автопоездов, полученных производителями

Марка, модель тягача	Тормоз тягача спереди/ сзади	Тормоз полуприцепа	Начальная скорость, км/ч	Температура тормозных механизмов	Тормозной путь, м
Mercedes SK	Барабаны/барабаны	Барабаны	85	Холодные	62,0
		Барабаны	85	300 °С	85,0
Mercedes	Диски/диски; EBS	Барабаны	85	Холодные	54,0
MAN F2000	Диски/барабаны	Барабаны	80	Холодные	48,0
		Барабаны	80	400 °С	50,6
		Диски	80	Холодные	44,8
		Диски	80	400 °С	49,6
		Тормоза не работают	60	400 °С	55,2
<i>Примечание – Условия испытаний: сухо, полная масса автопоездов 40 т</i>					

Из представленных данных видно, что эффективность барабанных тормозов мало отличается от дисковых. Кроме того, любой водитель знает, что при резком торможении плохо закрепленный груз может «уйти» вперед, сломать стенку кузова и даже кабину.

С нашей точки зрения, перспективным направлением развития тормозных механизмов является создание механизмов, аккумулирующих часть кинетической энергии колесных машин в самих тормозных механизмах. При этом диссипация другой части кинетической энергии осуществляется в контакте колес с опорной поверхностью.

УДК 691.168
ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ
АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ МЕЛКОГО
ЗАПОЛНИТЕЛЯ

Д. Ю. АЛЕКСАНДРОВ

Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Беларусь

Асфальтобетоны на основе песка (типы Г и Д по [1]) и щебеночные с наименьшим количеством крупного заполнителя (тип В) обладают рядом положительных и отрицательных качеств, обусловленных типом структуры материала. Высокая однородность таких асфальтобетонов определяет их устойчивость к усталостному разрушению, коррозионную стойкость, высокую плотность и т. д. Причем чем более однородной является структура, тем большее число циклов до разрушения может выдержать асфальтобетон. Однако технология приготовления и устоявшаяся методика проектирования нежестких дорожных одежд не позволяют в полной мере реализовать потенциал асфальтобетонов, минеральный состав которых представлен в основном песком из отсева или природным (размер фракции менее 5 мм).

Требования к перечню физико-химических показателей и их граничные значения необходимо определять исходя из условий работы слоя асфальтобетона и распределения напряжений в покрытии. Например, в нижнем слое покрытия с этой точки зрения целесообразно использовать плотные песчаные асфальтобетоны, а не пористые и высокопористые щебеночные асфальтобетоны, так как они лучше способны сопротивляться усталостному разрушению [2]. В таком случае отсутствует необходимость в оценке сдвигоустойчивости песчаных асфальтобетонов (не нагреваются до предельных температур, удалены от непосредственного воздействия транспортной нагрузки). В верхнем слое песчаные асфальтобетоны можно использовать, только минимизировав их толщину (сверхтонкие защитные слои) с целью максимального снижения сдвигающих напряжений. В таком случае плотный и устойчивый к коррозии слой, который при правильном проектировании зернового состава, обладающий также и высокими сцепными качествами, будет защищать нижележащие слои от воздействия комплекса климатических факторов и разрушающего действия транспортной нагрузки.

Устоявшийся технологический процесс приготовления песчаных асфальтобетонных смесей приводит к перерасходу битума (необходимость обработки большой площади удельной поверхности минерального заполнителя) и образованию связей на границе раздела фаз в основном физического характера (объясняется природой минерального заполнителя и органического вяжущего).

Значительное совершенствование технологии асфальтобетонов на мелком заполнителе возможно при реализации технологических приемов активации компонентов и интенсификации процесса перемешивания.

Так как песок природный или гранитный отсев дробления имеют скомпенсированный слабый отрицательный потенциал поверхности, активация компонентов необходима для разрушения скомпенсированных связей и обработки уже активной поверхности минерального материала (песок) ПАВ. Применительно к вяжущему активация заключается в разрушении «смолисто-масляных» оболочек асфальтенов. Наиболее известными способами активации песка природного являются термический способ и трибоактивация. Первый способ требует существенных расходов энергосистемы для нагрева песка до 1200 °С, а второй подходит только для активации природного песка, так как песок из отсева дробления будет интенсивно разрушать стенку трубы-активатора. Оптимальным вариантом активации минерального заполнителя любого происхождения и размера является травление в различных жидкостях. Для кислых пород необходима обработка растворами электролитов (уменьшение отрицательного заряда поверхности) или оксидами тяжелых и щелочноземельных металлов (насыщение поверхностного слоя положительными ионами). Процесс химической активации также должен включать этап сушки материала. Широкое применение метода химической активации сдерживается необходимостью проектирования промышленной установки и подготовки соответствующих специалистов для обслуживания комплекса химической активации.

Интенсификация процесса перемешивания ставит целью снижение величины поверхностного натяжения капли битума. Простое повышение технологических температур приведет к температурной деструкции вяжущего и ускорит его старение при работе в покрытии. Поэтому необходимо использовать вибрационное или иное воздействие на битум, которое не вызовет изменения его группового состава. Вибрационное воздействие в смесителе на мелкие частицы [3] приведет к их переходу в «псевдокипящее» состояние и лучшему обволакиванию зерен с меньшими расходами органического вяжущего.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **СТБ 1033–2016.** Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – Взамен СТБ 1033–2004; введ. 01.01.17. – Минск : Госстандарт, 2016. – 27 с.
2. **Илиополов, С. К.** Долговечность асфальтобетонных покрытий в условиях роста динамического воздействия транспортных средств / С. К. Илиополов, Е. В. Углова. – Москва: Информавтодор, 2007. – 84 с.
3. Физико-химические основы интенсификации технологических процессов в дисперсных системах / Н. Б. Урьев. – Москва: Знание, 1980. – 64 с.

УДК 69
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ВАРИАНТА
КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ ПАНДУСОВ

О. В. ГОЛУШКОВА, А. А. ПОЛИТЫКО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В настоящее время в Республике Беларусь проживает более 500 тыс. инвалидов [1]. В связи с этим возникает острая необходимость в создании комфортных условий для их пребывания в окружающей среде. Важной государственной задачей является интеграция людей с ограниченными возможностями в общество, чтобы они чувствовали свою востребованность, могли реализовать себя в жизни и проявить в конкретных делах, при этом оставаясь независимыми от других людей.

Для обеспечения беспрепятственного доступа инвалидов в здания необходимо предусматривать устройство лестничных маршей с дублированием их пандусами с поручнями. Вопросы обеспечения среды равных возможностей для инвалидов с освещением всех составляющих компонентов безбарьерной среды при удовлетворении потребности в получении высшего образования были рассмотрены в [2]. Самый распространенный элемент безбарьерной среды – пандус. В данной работе был проведен технико-экономический анализ варианта устройства пандусов различного конструктивного исполнения: выполненный из металла, из монолитного бетона с облицовкой плитками с шероховатой поверхностью, из штучных материалов.

Основными критериями при проведении анализа выступали трудоемкость производства работ при возведении пандусов и сметная стоимость их возведения.

В результате расчета было определено, что самым оптимальным вариантом конструктивного исполнения пандусов является вариант из металла – на 58 % дешевле, на 36,6 % меньше по трудоемкости выполнения работ. Выбирать данный вариант исполнения необходимо с учетом не только экономических показателей, но и дизайнерского решения фасада здания, а также износостойкости и эстетичности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безбарьерная среда. – Режим доступа: <http://www.arw.gov.by/en/node/2176>. – Дата доступа: 04.04.2016.
2. Голушкова, О. В. Проектирование среды равных возможностей в получении образовательных услуг на примере БРУ / О. В. Голушкова, А. А. Политыко // Архитектурно-строительный комплекс: проблемы, перспективы, инновации: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Полоцк, 7–11 мая 2018 г. / Полоц. гос. ун-т. – Полоцк, 2018. – С. 39–43.

О. В. ГОЛУШКОВА, А. В. КОЛЯДА, А. М. ГОЛУШКОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Над созданием здания в процессе всего его жизненного цикла работают различные группы специалистов. Все начинается с прединвестиционной стадии. При проектировании архитектурный облик объекта создают архитекторы, рассчитывают конструктив здания конструкторы, внутреннюю составляющую инженерного оснащения разрабатывают проектировщики инженерных систем, далее на стадии строительства просчитываются объемы работ и с помощью специальных программ MS Project, Primavera, Lement 3D, Survey, Lement Pro автоматически происходят построения календарных графиков в составе ПОС и ППР с взаимными увязками всех работ и возможностью использования логистических цепочек с предприятиями-поставщиками строительных материалов и конструкций [1].

При принятии проектных решений объекта строительства проектировщики не задумываются о вариантах их исполнения в процессе строительства. На площадке во время возведения объекта могут возникать сложные коллизии на уровне исполнения технологических процессов различными организациями. При этом использование BIM-технологий позволяет принять организационно-технологические решения еще на стадии подготовительных работ при построении календарных графиков. Визуализация технологических схем модели дает возможность оценить степень загруженности фронта работ еще до начала их самих, т. е. принцип поточности работ в строительстве можно организовать до начала работы всех действующих лиц на захватке.

В настоящее время генподрядчик, участвуя в проведении тендерных торгов, на стадии формирования конкурсных предложений о цене и сроках строительства может и не предполагать, с какими трудностями придется столкнуться в реальном производстве, и зачастую работа может принести вместо дохода убыток. С применением BIM-технологий все становится прозрачно и всегда можно иметь точные сведения на основе представленных заказчиком данных об объекте – об объемах предстоящих работ, сроках поставки необходимого технологического оборудования и финансовых поступлениях [2].

С применением BIM-технологий при строительстве здания появляются два пути возведения самого объекта. Они оба приведут к сокращению финансовых расходов и сроков строительства.

Первый способ основан лишь на применении новых технологий при проектировании и четком выполнении календарных сроков строительства при использовании существующих методов строительства. При этом уже известный с 80-х гг. прошлого столетия метод производства работ «с колес» становится весьма прогрессивным, т. к. строительство происходит чаще на городских территориях в уплотненных городской застройкой районах, где сложно организовать складирование материалов на площадке. При данном методе монтажа конструкций информационная модель позволяет с высокой степенью достоверности обеспечить строительный процесс всем необходимым без сбоев в производстве.

Второй путь категорически меняет подходы к возведению зданий и сооружений и предусматривает возведение объектов на строительной площадке с помощью промышленных 3D-принтеров. Данная технология возведения объекта основана на аддитивных технологиях, ее суть заключается в соединении материалов слой за слоем при создании конструкций зданий [3]. При этом возведение несущего остова самого объекта сокращает сроки ввода объекта в эксплуатацию и позволяет производить работы со 100-процентным качеством и отсутствием отклонений от нормативов. Работы на площадке с помощью промышленного 3D-принтера можно организовать двумя способами: сразу печатать полный остов здания или отдельно печатать конструкции и затем собирать из них это здание. Первый вариант более приемлем, так как сокращаются сроки возведения и уровень качества всех элементов остова будет одинаковым, но он в настоящее время не рассчитан на большие объекты ввиду конструктивных особенностей самих 3D-принтеров. Существуют ограничения по габаритным размерам строящихся объектов. Проблема массового использования этого метода возведения объектов состоит также в изучении основных свойств и характеристик применяемых строительных материалов и смесей, недостаточной изученности ресурса работы 3D-принтера и его ремонтпригодности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Талапов, В. В.** Технология BIM. Суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий / В. В. Талапов. – Москва: ДМК Пресс, 2015. – 410 с.: ил.
2. **Лустина, О. В.** Использование BIM-технологий в современном строительстве / О. В. Лустина, Н. А. Бикбаева, А. М. Купчиков // Молодой ученый. – 2016. – № 15. – С. 187–190.
3. 3D-печать в строительстве, обзор существующего опыта / Ю. Д. Самуйлов [и др.] // Проблемы современного строительства: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Москва, 9–12 мая 2018 г. / БНТУ. – Москва, 2018. – С. 205–212.

УДК 624.131

ГЕОРАДАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ИСКУССТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

И. В. ГОМЕЛЮК, Т. С. САМОЛЫГО

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

При проведении инженерно-геологических изысканий и работ в районах плотной городской застройки требуется значительная осторожность, обеспечивающая безопасность существующих зданий и коммуникаций, экологическую безопасность, поэтому приоритетными являются неразрушающие методы получения информации. Производство механического бурения в достаточном объеме в условиях города не всегда возможно, а традиционные инженерно-геологические исследования не дают полной картины о находящихся в подобных местах коммуникациях и подземных сооружениях, особенно если подобные объекты имеют большой возраст и данные о них отсутствуют.

Недостаточно исследована проблема взаимного влияния пристраиваемых объектов и существующих зданий. Случаи значительных повреждений ранее построенных зданий зачастую вызваны дополнительной, неравномерной осадкой разносжимаемых слоев основания. Расчетная модель основания, применяемая при анализе деформаций, не отражает свойств и состояния реальных грунтов.

Георадарное обследование – современный геофизический метод неразрушающего контроля, который позволяет изучать строение верхней части земной коры от первых сантиметров до нескольких десятков метров. Подобные исследования – самый простой способ обнаружения забытых коммуникаций, подвальных помещений, дефектов фундаментов, неоднородностей грунта, грунтовых вод и др. Георадарные исследования обладают высокой производительностью, являются неразрушающими и экологически чистыми методами и требуют незначительного количества сверочного бурения.

При георадарных исследованиях используется явление распространения электромагнитных волн в земной коре. Прохождение этих волн зависит от диэлектрической проницаемости, влажности, химического состава, физических характеристик исследуемых объектов и вмещающей их среды. Чем больше различие в свойствах исследуемых объектов и контрастнее границы, тем лучше они прослеживаются на получаемых георадарограммах.

Если геологические условия просты, на радарограммах среда выглядит слоисто изотропно, т. е. представляет собой последовательность согласно расположенных горизонтов, осложненных только несогласным залеганием слоев. Природные осложнения обычно протяженны и имеют плавное согласование с окружающими горизонтами.

Объекты, имеющие искусственное происхождение, резко отличаются от вмещающих пород по электрическим и диэлектрическим характеристикам, имеют резкие границы с большими углами падения, небольшие размеры, плоскую или сферическую верхнюю границу. Часто данные объекты сгруппированы в локальные группы с небольшими расстояниями между ними. Резкие границы этих объектов вызывают появление дифракционных волн, с одной стороны, облегчающих их обнаружение, но с другой стороны, усложняющих их интерпретацию и идентификацию. Сложность также представляет влияние объектов, находящихся в стороне от профиля зондирования, что требует трехмерной интерпретации.

Применение георадарного метода дает возможность обнаружить объекты малой протяженности и при необходимости определить их реальные размеры и конфигурацию, тем самым позволяя с высокой вероятностью идентифицировать их.

Фактический материал, получаемый при бурении и отборе проб грунта для лабораторных испытаний, георадарные исследования полностью заменить не могут, но значительно сокращаются объемы бурения, необходимого для привязки к результатам георадарного обследования.

Если результаты исследований будет интерпретировать квалифицированный специалист, степень точности анализа может быть достаточно высока. При интерпретации нужно учитывать особенности волновой картины, различные типы волн (кратные, дифрагированные и др.), что может значительно повысить качество получаемых данных, но требует применения сложного математического аппарата цифровой обработки сигналов и больших вычислительных ресурсов.

На практике в большинстве случаев точная идентификация не требуется и может быть заменена эмпирическими методами ручной интерпретации.

УДК 620.9

ПРОГРАММА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Е. В. ГОРБЕНКОВА, Ю. Н. ЛЕБЕДЕВА, О. И. БРОДОВА

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Современное мировое сообщество в условиях необходимости обеспечения устойчивого развития и биосферной совместимости, наряду с активно развивающейся инфраструктурой, вынуждено уделять огромное внимание вопросу энергосбережения. Важность этой проблемы показана как в отечественных, так и зарубежных исследованиях [1–3]. Республика Беларусь, как и многие страны Европы, не обладает достаточным запасом собственных топливно-энергетических ресурсов. По этой причине, помимо основных методов энергосбережения, реализуемых в стране, Беларусь вынуждена искать альтернативные способы решения данной проблемы. Проблема рационального использования ресурсов затрагивается в исследованиях многих авторов, как отечественных, так и зарубежных.

На сегодняшний день существует несколько направлений снижения энергопотребления – это уменьшение издержек в производственной отрасли, повсеместное внедрение энергосберегающих мероприятий и освоение новейших энергоэффективных технологий.

Одной из таких технологий является программа цифровой трансформации электроэнергетики. Переход к интеллектуальным системам управления позволил бы снизить вероятность ошибки при систематизации данных и уменьшить антропогенные выбросы. Работая с цифровыми сетями, появляется возможность оперировать большим объёмом данных для анализа, диагностики и представления обоснованного экспертного заключения, на основании которого могут приниматься более качественные и своевременные решения. Вся электроэнергетика в значительной степени отталкивается от сбора и систематизации статистических данных, использование которых позволяет своевременно корректировать сроки эксплуатации или замены оборудования согласно его техническому состоянию. С каждым днем появляются новые технологии, задача которых состоит в максимальном упрощении работы с информационными базами предприятий: начиная со стадии сбора данных и заканчивая ее систематизацией и анализом.

Цифровая трансформация энергетики – это довольно большой комплекс мероприятий – создание единого информационного пространства,

в котором данные с первичных измерительных приборов автоматически поступают на технологическую шину, а с технологической шины авторизованные потребители информации берут любые данные в любом разрезе.

Возможности, которые даст переход к цифровым технологиям:

- автоматизированная передача данных от первоисточника;
- сведение к минимуму погрешностей и ошибок, а также отсутствие противоречий в исходных данных;
- актуальные данные в режиме реального времени;
- упрощенная база данных;
- полная автоматизация процесса с исключением человеческого фактора;
- онлайн-расчет основных показателей потребления на основе первичных данных зарегистрированными пользователями.

Таким образом, переход к цифровым технологиям обеспечит возможность оценивать техническое состояние каждого элемента оборудования, риски и последствия отказа которых максимальны. В перспективе применение данных технологий обеспечит снижение электроэнергоемкости ВВП, что может принести не только экономические, политические, но и социальные эффекты. С другой стороны, благодаря заимствованным технологиям появляется возможность интеграции, совмещения, систематизации и получения компетентных оценок как в рамках одного предприятия, так и в энергосбережении в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ильичев, В. А.** Биосферная совместимость природы и человека – путь к системному решению глобальных проблем / В. А. Ильичев // Стратегические приоритеты. – 2014. – № 1. – С. 42–58.
2. Моделирование и анализ закономерностей динамики изменения состояния биосферосовместимых урбанизированных территорий / В. А. Ильичев [и др.] // Жилищное строительство. – 2015. – № 3. – С. 3–9.
3. **Sherbina, E. V.** City planning issues for sustainable development / E. V. Sherbina, N. V. Danilina, D. N. Vlasov // International Journal of Applied Engineering Research. – 2015. – Vol. 10, № 22. – P. 43131–43138.

УДК 691
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ
В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Е. В. ГОРБЕНКОВА, Ю. Н. ЛЕБЕДЕВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Все дорожные покрытия требуют эффективного использования материалов, доступных на местном уровне, если дороги построены экономично. Для этого необходимо иметь полное понимание не только свойств грунта и заполнителей, которые влияют на стабильность и долговечность дорожного покрытия, но и свойств связывания материалов, которые могут быть добавлены к ним.

Основными заполнителями, используемыми в дорожных покрытиях самостоятельно или в сочетании с цементными растворами, являются либо природные материалы горных пород, гравий и пески, либо шлаковые заполнители.

Гравий и песок являются неконсолированными, естественными крупнозернистыми частицами породы, которые были перемещены ветром, водой или ледником. Отдельные частицы твердые и обычно округлые или неправильной формы в зависимости от количества истирания, которому подвергаются частицы во время предшествующего движения.

Пески и гравий обычно используются в бетонных растворах, поскольку их округлость приводит к хорошей обрабатываемости, и их градации часто не требуют дополнительной обработки. Может появиться необходимость добавить гидратную известь или средство для удаления отложений к некоторым видам гравия, например, тем, которые содержат кремний, если планируется их использование в битумных смесях, чтобы предотвратить связывание от зачистки частиц. Некоторые виды гравия для дорожных работ должны быть раздроблены во время обработки, чтобы принять более угловатую форму.

Пески и гравий обычно встречаются на суше в эоловых отложениях, таких как песчаные дюны, в аллювиальных русловых и ледниковых отложениях. Они могут быть добыты как с сухой добычей из открытых карьеров, используя оборудование для земляных работ, такое как линии ленточных транспортеров, экскаваторы, драглайны, бульдозеры и т. д., или из карьеров, расположенных в обводненной местности, применяя канатные скреперы, землечерпалки, драглайны и землесосные снаряды, гидроэлеваторы.

Пески и гравий также извлекаются из береговой линии с использованием землесосов, оснащенных гидравлическими насосами, способными всасывать песок, гравий и воду из глубины до 36 м через жесткие трубы, которые опускаются на дно.

Обработка песка и гравия сначала включает промывку экстрагированных материалов в отдельные фракции песка и гравия. Мойка также удаляет ил и глину из фракций и, в случае морских материалов, уменьшает содержание хлоридов, присутствующее в морской воде. Затем гравий делится на фракции различных размеров с использованием вибрационных экранов; при необходимости также осуществляется дробление. Песок промывают и разделяют фракции с помощью гидравлических средств.

Исследование свойств и процесса производства дорожно-строительных материалов позволяет в полной мере определить этап, внося изменения в который, можно оказать значительное влияние на качество производимого материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бабаскин, Ю. Г.** Строительство земляного полотна автомобильных дорог: учебное пособие / Ю. Г. Бабаскин. – Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2016. – 333 с.
2. **Садило, М. В.** Автомобильные дороги. Строительство и эксплуатация: учебное пособие / М. В. Садило, Р. М. Садило. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2011. – 367 с.
3. **Рыбьев, И. А.** Строительное материаловедение: учебник для СПО в 2 ч. / И. А. Рыбьев. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Юрайт, 2018. – Ч. 1. – 275 с.
4. **Подольский, В. П.** Строительство автомобильных дорог. Земляное полотно: учебник / В. П. Подольский, А. В. Глагольев, П. И. Поспелов; под ред. В. П. Подольского. – 2-е изд, испр. – Москва: Академия, 2013. – 432 с.
5. **Веренько, В. А.** Новые материалы в дорожном строительстве: учебное пособие / В. А. Веренько. – Минск, 2000. – 170 с.
6. **Ковалев, Я. Н.** Дорожно-строительные материалы и изделия: учебно-методическое пособие / Я. Н. Ковалев, С. Е. Кравченко, В. К. Шумчик. – Минск, 2013. – 630 с.
7. Строительство автомобильных дорог: учебник / Под ред. В. В. Ушакова, В. М. Ольховикова. – Москва: КНОРУС, 2013. – 576 с.
8. **ТКП 313-2011 (02191).** Автомобильные дороги. Земляное полотно. Правила устройства. – Минск: Белавтодор, 2011. – 86 с.

УДК 69.059

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО УСТРОЙСТВУ ОГОЛОВКА КОНСТРУКЦИИ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОЛОННЫ

С. В. ДАНИЛОВ

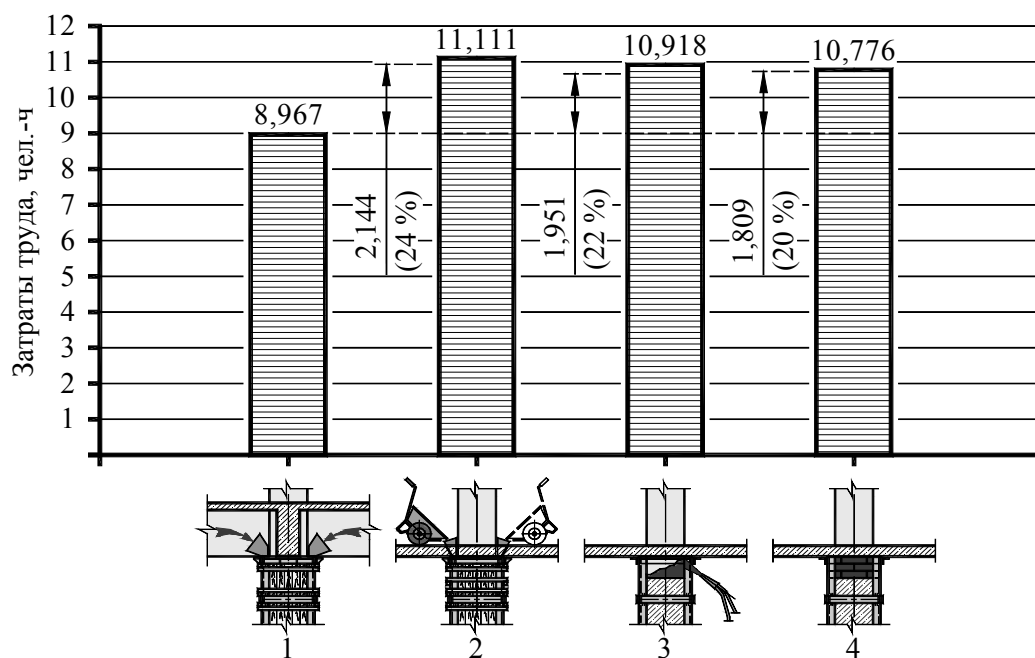
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Усиление стальной облоймой с обетонированием является исторически сложившимся базовым способом восстановления и усиления железобетонных колон, относящихся к IV категории технического состояния. Однако при реализации данного способа возникает ряд организационно-технологических и конструктивных трудностей. Практический опыт ремонтно-восстановительных работ показывает, что сложности устройства стальной облоймой с обетонированием появляются на завершающем этапе обетонирования стальной облоймой конструкции усиления железобетонной колонны при формировании оголовка усиления.

Технические и организационно-технологические решения по устройству оголовка усиления железобетонной колонны зависят от конструкции сопряжения колонны, которая может быть как с плоским безбалочным, так и монолитным либо сборным балочным перекрытием. Наиболее технически сложно выполнить формирование оголовка при сопряжении железобетонной колонны с плоским безбалочным перекрытием. Трудности связаны с отсутствием или ограниченным доступом при подаче и укладке бетонной смеси в верхней части конструкции усиления колонны, а также со стесненностью производства работ в целом.

При сопряжении железобетонной колонны с балочным перекрытием бетонную смесь укладывают непосредственно в опалубку, а при сопряжении колонны с плоским безбалочным перекрытием бетонирование оголовка конструкции усиления возможно с укладкой бетона через технологические отверстия в перекрытии, торкретированием и укладкой в оголовки бетонных мелкогазмерных элементов (рис. 1).

Для установления наиболее рационального технического решения устройства оголовка конструкции усиления были определены трудозатраты для восстановления и усиления железобетонной колонны сечением 400×400 мм и высотой 3,6 м при сопряжении ее с плоским безбалочным перекрытием. По высоте усиливаемой колонны фронт производства бетонных работ разбивался на три яруса каждый по 1,2 м с отдельно выделенным верхним участком высотой 0,3 м для устройства оголовка усиления. Общие затраты труда для производства работ при усилении железобетонной колонны стальной облоймой с обетонированием и формированием оголовка конструкции усиления приведены на рис. 1.



Технические решения формирования оголовка конструкции усиления колонны

Рис. 1. Затраты труда для производства работ при различных технических решениях устройства оголовка конструкции усиления железобетонной колонны: 1 – формирование оголовка конструкции усиления через проемы в верхней части опалубки; 2 – бетонирование оголовка конструкции усиления через технологические отверстия; 3 – устройство оголовка конструкции усиления торкретированием; 4 – формирование оголовка конструкции усиления бетонными мелкогабаритными элементами

Затраты труда для производства работ с устройством оголовка конструкции усиления через технологические отверстия в перекрытии при сопряжении усиливаемой железобетонной колонны с плоским безбалочным перекрытием составляют 11,111 чел.-ч, что на 24 % больше по сравнению с аналогичным усилением колонны при сопряжении ее с балочным перекрытием (см. рис. 1). Для торкретирования оголовка конструкции усиления при сопряжении усиливаемой колонны с плоским безбалочным перекрытием затраты труда составляют 10,918 чел.-ч, что на 22 % больше по сравнению с аналогичным усилением колонны при сопряжении ее с балочным перекрытием (см. рис. 1). Затраты труда с формированием оголовка усиления колонны бетонными мелкогабаритными элементами при сопряжении усиливаемой колонны с плоским безбалочным перекрытием затраты труда составляют 10,776 чел.-ч, что на 20 % больше по сравнению с аналогичным усилением колонны при сопряжении ее с балочным перекрытием (см. рис. 1).

Из вышеприведенного анализа следует, что при сопряжении усиливаемой железобетонной колонны с плоским безбалочным перекрытием наиболее рациональным и перспективным из рассматриваемых технических решений является формирование оголовка конструкции усиления бетонными мелкогабаритными элементами. При таком решении затраты труда на 2...4 % ниже.

УДК 69.059
ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО УСИЛЕНИЮ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
МНОГОПУСТОТНЫХ ПЛИТ

С. В. ДАНИЛОВ, М. В. ШАПЕЛЬ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Усиление железобетонных плит – мероприятие по увеличению или восстановлению несущей способности конструкции. Причиной усиления является возникновение различного рода повреждений: продольных и поперечных трещинообразований, сверхнормативных прогибов и разрушение защитного слоя бетона арматурных элементов.

Предпочтение способа усиления плит пустотного настила осуществляется путем установки характера разрушения конструкции. Разрушение протекает: по зоне сжатия, по зоне растяжения, от действия поперечных сил, момента на кручение, продавливания и местного смятия. Восстановлению подлежит ослабленное место разрушаемого элемента плиты [1].

Зона растяжения плиты усиливается путем увеличения количества рабочей арматуры при помощи приварки дополнительных арматурных стержней, а также присоединением их к бетону в зоне растяжения (рис. 1).

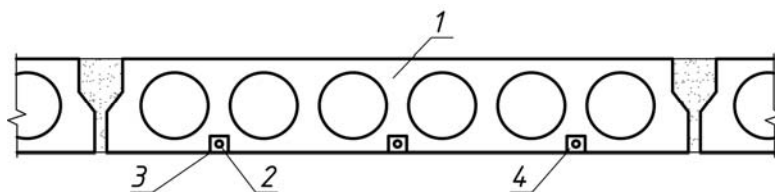


Рис. 1. Установка дополнительной арматуры на полимеррастворе: 1 – усиливаемая плита; 2 – дополнительные арматурные стержни; 3 – борозды в бетоне, вырезанные фрезой; 4 – защитно-конструкционный полимерраствор

Усиление зоны сжатия выполняют при помощи наращиваний с использованием дополнительных арматурных сеток и каркасов (рис. 2).

Усиление плит, на которые действует чрезмерное количество поперечных сил, осуществляют при помощи набетонок, увеличением поперечного сечения конструкций, площади поперечной арматуры в зоне среза, установкой дополнительной поперечной арматуры в виде стержней и планок [1].

Многopустотные плиты, воспринимающие момент кручения, усиливают увеличением площади продольной, вертикальной и горизонтальной поперечной арматуры, устройством набетонок, стальных гильз и установкой замкнутой поперечной арматуры [1].

Усиление конструкций при местном сжатии и продавливании выполняют путем уширения площади опирания и наращиванием [1].

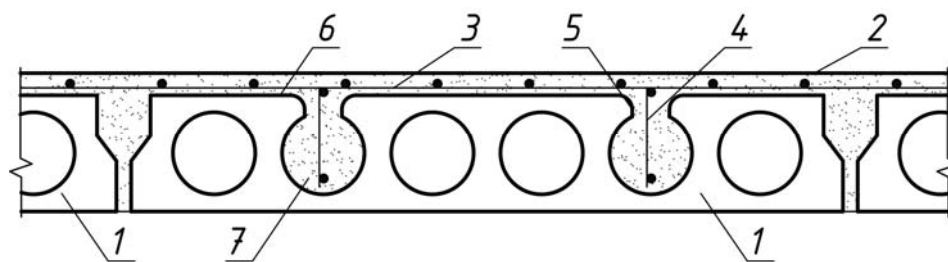


Рис. 2. Обетонирование плит сверху при усилении зоны сжатия: 1 – усиливаемая плита; 2 – монолитный бетон; 3 – сетка арматурная; 4 – арматурные каркасы; 5 – вырубленная часть плиты для установки каркасов; 6 – поверхность контакта монолитного бетона с плитами; 7 – бетон замоноличивания вырубленной части плиты

Также применяют способы усиления плит, меняющие изначальную их конструктивную и расчетную схему с помощью изменения площади передачи нагрузки, повышения степени внешней и внутренней статической неопределимости путем устройства затяжек, шпренгелей и распорок (рис. 3).

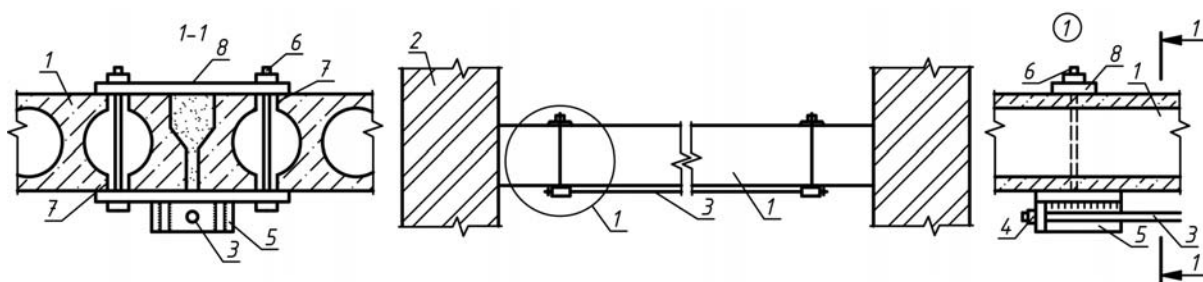


Рис. 3. Установка затяжек: 1 – усиливаемая плита; 2 – несущие стены здания; 3 – затяжное устройство из арматуры; 4 – натяжная гайка; 5 – анкерное приспособление; 6 – крепежный элемент анкерного устройства с шайбой и гайкой; 7 – отверстия, просверленные в плите; 8 – поперечная планка

Железобетонные плиты пустотного настила, относящиеся к V категории технического состояния (предаварийное состояние) с физическим износом свыше 60 %, рекомендуется срочно разгружать с последующей разборкой и заменой [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гучкин, И. С.** Диагностика повреждений и восстановление эксплуатационных качеств конструкций: учебное пособие / И. С. Гучкин. – Москва: АСВ, 2000. – 176 с.
2. Усиление железобетонных конструкций = Узмацненне жалеабе-тонных канструкцый: П1-98 к СНиП 2.03.01-84*. – Введ. 07.04.98. – Минск, 1998. – 186 с.

УДК 625.7
ПРИМЕНЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
СООРУЖЕНИЙ И ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В. В. ДИВАКОВ, В. В. КУТУЗОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Благодаря быстрому развитию компьютерного оборудования и постоянному совершенствованию программных средств, поддерживающих информационное моделирование зданий, все больше и больше проектов в области архитектуры, проектирования и строительства, выполненных с применением технологии информационного моделирования. Компьютерное моделирование помогает в понимании и определении проблем как на этапе проектирования, так и на этапе строительства с большей эффективностью, чем если бы все выполнялось традиционными методами. Что касается 3D-модели, то такие проблемы, как ошибки проектирования, задержки в работе и дополнительные затраты на проверку коллизий в строительстве, дают больше возможностей для своевременного выявления и решения с наименьшими затратами. В данной статье основное внимание уделяется применению 3D-технологий информационного моделирования для проекта подземного перехода, расположенного в центральной части Заднепровского района города Могилева. Концепцией проекта предусматривается строительство подземного перехода на пересечении улицы Н. Островского и проспекта Пушкинского, с примыкающими торговыми площадями, имеющими выходы как непосредственно на проспект Пушкинский в районе магазина «Перекресток», так и через проектируемый переход. Дополнительно предусмотрена реконструкция подземных коммуникаций, попадающих в пятно застройки. В этом крупномасштабном междисциплинарном проекте были применены различные технологии визуализации. За основу начала проектирования была взята программная среда Autodesk InfraWorks. Это простой в использовании инструмент моделирования для ландшафтных архитекторов и проектировщиков инфраструктуры. Autodesk InfraWorks производит визуально высокоуровневые модели без дополнительного программного обеспечения для визуализации, позволяет осуществлять создание и оценку альтернативных вариантов в контексте существующей среды единого проекта. InfraWorks может использоваться для моделирования отдельных городских районов, целых городов или протяженных моделей длиной в десятки километров, имеет полную интеграцию в процесс проектирования без каких-либо проблем, связанных с экспортом/импортом либо поддержкой информационной модели. InfraWorks входит в состав программного обеспечения по направлению архитектурно-строительного проектирования, а также непосредственного производства

строительных работ. В Autodesk InfraWorks была создана начальная модель существующих условий и расположения из рельефа, растровых, CAD-, ГИС- и BIM-данных. После генерации исходной основы проекта был загружен эскиз в программную среду, которая в свою очередь имеет интуитивно-понятный интерфейс, благодаря чему инструменты создания и редактирования проекта просты в использовании, а программное обеспечение позволяет быстро создать несколько альтернативных проектных решений с возможностью быстрого переключения между вариантами с анализом вновь сложившихся условий с помощью встроенных расчетов и измерительных инструментов. Далее после сведения исходных данных был произведен анализ существующих инженерных коммуникаций. Всегда, прежде чем начать непосредственное проектирование объекта, необходимо выполнить оценку расположения существующих инженерных коммуникаций в пятне застройки. Для этого следует использовать геодезические данные, данные карт OSM, а также модель, полученную ранее в программе InfraWorks. Дополнительно в начальную модель импортируются детализированные объекты из другого программного обеспечения, такого как Graphisoft ArchiCAD, Renga, Autodesk Revit, AutoCAD Civil 3D, Autodesk 3ds Max, с учетом прямой поддержки международного формата информационной модели IFC, что в свою очередь позволяет осуществлять работу со всеми результатами любого программного обеспечения смежных разделов проектирования. По оценке текущей ситуации на месте будущего проектирования и строительства инфраструктурного объекта идет непосредственная разработка объемно-планировочного решения, готовая модель, проектные решения, созданные в InfraWorks, экспортируются в Civil 3D, 3ds Max, Graphisoft ArchiCAD для дальнейшей разработки проекта без потери функциональности. Данные InfraWorks также можно просматривать в 2D-формате в AutoCAD Map 3D или Civil 3D. Модели, созданные в InfraWorks, можно просматривать в веб-браузере или iPad, что в свою очередь дает возможность осуществить применение информационного моделирования на стройплощадке либо на предполагаемом месте будущего строительства, позволяя в полной мере визуализировать результаты и расчеты проведенных проектных работ. Среда разработки информационной модели инфраструктуры для моделирования подземного перехода и обзора конструктивности Autodesk Civil 3D была принята в качестве основной для сводной модели на основе BIM. Модель 4D была разработана в Autodesk Navisworks для контроля выполнения проекта, также была разработана трехмерная анимация с использованием имитационной модели. Применение трехмерных технологий позволило получить интуитивное, точное и всестороннее представление всех деталей проекта, план строительства и более реалистичное моделирование операций, которые обеспечили своевременное и экономичное выполнение проекта.

УДК 69.131
ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ
ПО НАЦИОНАЛЬНЫМ И ЕВРОПЕЙСКИМ НОРМАМ

С. В. ИГНАТОВ, А. В. АДНАРОГАЯ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В Республике Беларусь в 2009 г. были введены европейские стандарты, которые в тот период не предполагали отмены действия национальных ТНПА и позволяли наряду с ними применять национальные нормы. В области фундаментостроения для расчетов, проектирования и испытания такой подход имеет место и сейчас.

В результате анализа действующих подходов были выявлены отличительные характеристики по определению гранулометрического состава грунтов по национальным [1–3] и европейским нормам [4, 5] (табл. 1).

Табл. 1. Отличительные характеристики по определению характеристик грунта

Параметры опыта		Национальные нормы [1]	Европейский подход [4]
Ситовый метод (размер частиц, мм)		От 10 до 0,1	> 0,063
Ареометрический и пипеточный методы (размер частиц, мм)		< 0,1	< 0,063
Точность результата вычисления, %		До 0,1	До 0,3
Сита размером отверстий, мм		10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1	0,063; 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 8; 16; 31,5; 63; 125
Цена деления ареометра, г/мл		0,001	0,0005
Объем пипетки, мл		25	20
Температурная поправка к отсчету по ареометру, °С		10...30	7...32
Масса пробы, г	песчаный	15	50
	ил, глина	10	20
Перемешивание суспензии, мин		1 мин	60 раз за 2 мин

Из табл. 1 видны отличительные особенности, касающиеся граничных размеров частиц грунта, характеристик сит и их количества, точности вычисления результатов опытов и т. д. Таким образом, применяя национальное оборудование, недопустимо давать характеристики грунтам и их наименования по европейским нормам и наоборот, т. к. эти классификации существенно отличаются, что представлено в табл. 2, из которой видно, например, что песок средней крупности европейского стандарта по размеру фракций захватывает песок крупный и песок мелкий национального стандарта.

Табл. 2. Сопоставление размеров гранулометрических фракций

Размер фракций, мм	0,63	0,5	0,425	0,25	0,2	0,1	0,075	0,063	0,05
По СТБ 943-2007 [2]	Песок								
	крупный		средней крупности		мелкий		пылеватый		
По ISO 14688-2 [5]	Sand								Silt
	coarse (крупный)		medium (средний)			fine (мелкий)			coarse (крупный)

Так как расчетное сопротивление грунтов зависит от их гранулометрического состава по [3], были определены изменения значений характеристик грунтов для песков различной крупности в зависимости от их коэффициента пористости (табл. 3).

Табл. 3. Характеристики песчаных грунтов

Наименование песчаных грунтов	Значение характеристик грунтов при коэффициенте пористости e			
	0,45	0,55	0,65	0,75
Гравелистые и крупные	591,4	448,5	364,1	287,9
Средней крупности	494,8	406,1	309,9	250,9
Мелкие	481,2	385,1	266,9	179,8

Заключение

Проведенный анализ сопоставления методов определения гранулометрического состава грунтов по национальным и европейским стандартам, сопоставления размеров гранулометрических фракций с выделением отличий между методами показал недопустимость применения совместно подходов к определению характеристик грунтов в связи с их существенным отличием, а также значительным влиянием на показатель прочности грунта основания расчетного сопротивления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **ГОСТ 12536-2014.** Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 23 с.
2. **СТБ 943-2007.** Грунты. Классификация. – Минск: Госстандарт, 2007. – 20 с.
3. **ТКП 45-5.01-67-2007.** Фундаменты плитные. Правила проектирования. – Минск: Минстройархитектуры, 2008. – 136 с.
4. **CEN ISO/TS 17892-4:2004 (E).** Геотехнические исследования и испытания. Лабораторные испытания почвы. Ч. 4.
5. **CEN ISO/TS 14688-2:2017.** Геотехнические исследования и испытания. Ч. 2.

ПРИМЕНЕНИЕ ШПУНТОВ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ
ВЕРТИКАЛЬНЫХ ОТКОСОВ

С. В. ИГНАТОВ, И. В. ВИЛИВЧЕНКО

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Удельный вес земляных работ в общем объеме строительно-монтажных работ очень велик и может достигать до 15 % по стоимости и 20 % по трудоемкости. Резервом снижения объемов земляных работ и стоимости СМР нулевого цикла является устройство вертикальных откосов земляных сооружений. Устройство таких откосов с помощью шпунтов различного рода позволяет создать экономию средств за счет сокращения объемов земляных работ и сокращения использования тяжелой строительной техники.

Главная задача шпунтового ограждения при вертикальной разработке грунта – защита стенок котлована от оползней и осыпаний грунтов [1]. В качестве шпунтового ограждения в настоящее время можно использовать металл, бетон, а также различного рода конструкции из полимерных композиционных материалов.

Достоинством сборных шпунтовых конструкций является их многократное использование. Однако устройство шпунта из бетона требует больших трудозатрат при малой оборачиваемости (до 3–5 циклов). Стальные шпунты, по сравнению с бетонами, менее трудозатратны, но подвержены коррозии, изломам и т. д. При этом бетонные и стальные шпунты характеризуются большой массой и требуют тяжелого оборудования для их транспортировки и погружения. Композитные шпунты лишены данных недостатков и имеют следующие основные преимущества [2, 3]:

- они устойчивы к перепаду температур и не подвержены коррозии;
- такие шпунты легкие, они просты при транспортировке, не требуют больших тяжелых копровых установок для погружения;
- полимерные шпунты не требуют антикоррозийной обработки.

Единственным минусом этого материала является небольшое количество эксплуатационных циклов: оборачиваемость шпунта составляет 7–18 циклов.

В целях проверки экономичности применения полимерного шпунта, а также определения возможности снижения сроков строительства был выполнен расчет затрат на устройство типового фундамента размерами в плане $2,4 \times 2,4$ м и глубиной заложения 1,35 м, возводимого в грунтовых условиях Республики Беларусь.

Для расчетов стоимости в текущих ценах и трудозатрат крепления откосов был принят шпунт композитный SP-200 стоимостью 59 р./м²

(стоимость стального шпунта Ларсена составляет 74 р./м²) компании ООО «Электро Макс».

Из табл. 1 можно сделать вывод, что применение шпунта в сыпучих несвязных грунтах является наиболее выгодным по всем параметрам. Использование же в связанных грунтах в стоимостном выражении показывает, что производство земляных работ традиционным методом наиболее экономично. При этом в глинистых грунтах применение шпунта имеет меньшие трудозатраты по сравнению с вариантом без крепления, что позволяет сократить сроки строительства.

Табл. 1. Сравнительные характеристики

Показатель	Крепление откоса	Откос в песчаном грунте	Откос в глинистом грунте
1 Расчетная схема			
2 Трудозатраты, чел.-ч	47,75	70,7	54,13
3 Удельные трудозатраты на 1 м ³ бетона	0,93	1,37	1,05
4 Стоимость цикла работ, р.	2936	3149	2217,26
5 Удельная стоимость 1 м ³ бетона фундамента	57,08	61,22	43,1

Таким образом, оба варианта показывают достоинства применения полимерных шпунтов, и при надлежащей эксплуатации такого ограждения можно оптимизировать процесс производства земляных работ как в стоимостном выражении, так и в сроках строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **ТКП 45-5.01-67–2007.** Фундаменты плитные. Правила проектирования. – Минск: Минстройархитектуры, 2008. – 136 с.
2. Конструкционный стеклопластик для изготовления элементов шпунтовых ограждений / К. И. Донецкий, Р. Ю. Караваев, А. И. Цыбин, Е. А. Вешкин, Е. С. Михалдыкин // *Авиационные материалы и технологии*. – 2017. – № 3. – С. 56–64.
3. Инфоресурс SvaiSnab.Ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL : <http://www.svaisnab.ru>. – Дата доступа: 5.01.2019.

УДК 620.9

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ В ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ МАЛОЙ ЭТАЖНОСТИ

В. А. КАТКОВ, Л. В. КУРНОСЕНКО

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В жилых зданиях малой этажности одним из главных факторов служат материал и конструкция наружных стеновых ограждений и покрытий, выбор которых влияет как на стоимость здания, его дальнейшую эксплуатацию, долговечность, так и на экологическую безопасность жильцов в будущем.

При возведении жилых зданий малой этажности необходимо устраивать ограждающие конструкции из материалов, дающих возможность снизить потери тепла, также следует принимать во внимание совместное проектирование систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха с учетом требований, направленных на уменьшение энергетического потребления.

Согласно действующей нормативной документации в Республике Беларусь приведенное сопротивление теплопередаче для наружных стен зданий должно быть не менее $3,2 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, а для чердачных перекрытий и совмещенных покрытий – не менее $6,0 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, что влечет за собой рациональное применение различных энергоэффективных строительных материалов для конструктивных решений ограждающих конструкций.

Значительное разнообразие строительных материалов дает возможность в жилых зданиях малой этажности применять различные строительные системы. Повсеместное распространение при малоэтажной застройке получили здания, возведенные со стенами:

- из массива дерева (бревно, брус), а также по каркасной технологии с применением деревянных конструкций каркаса, теплоизоляционного материала, наружных и внутренних облицовочных панелей;

- с использованием ячеистых газосиликатных и пенобетонных блоков путем склеивания их друг с другом;

- из соломенных блоков по каркасной и бескаркасной технологиям. Следует отметить, что теплоизоляционные свойства соломы в разы выше, чем у дерева;

- из кирпича с последующим наружным утеплением эффективными теплоизоляционными материалами по всей площади стены и др.

Энергосбережение в малоэтажных жилых домах достигается совместно за счет перехода к строительству жилых зданий с внедрением энергоэффективных технологий, изменений конструктивных особенностей ограждающей оболочки с использованием инженерных систем.

УДК 625.72: 528.4
О ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИИ
И ПАРАМЕТРОВ ЗАКРУГЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

Ю. А. КАТЬКАЛО, А. А. КАТЬКАЛО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

При реконструкции автомобильной дороги прежде чем устанавливать действительные параметры кривой, следует определить геометрическую конструкцию закругления. Для этого электронным тахеометром измеряют в середине закругления, на круговой его части, прямоугольные координаты нескольких точек: $x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3$. По координатам трех точек вычисляют прямоугольные координаты X_M, Y_M центра закругления. Значения X_M и Y_M позволяют установить геометрическую конструкцию закругления. Если величина X_M близка к нулю, то закругление состоит только из круговой кривой. Если X_M имеет значительную величину, то закругление содержит переходные кривые. Длину переходной кривой L принимают равной $2 X_M$. Значение Y_M практически дает величину радиуса R круговой кривой. Подробно этот вопрос рассмотрен в [1].

В результате ошибок разбивочных m_p и строительных m_c работ закругление на местности и, значит, измеряемые координаты точек x_i, y_i не соответствуют строго своему проектному положению. Поэтому для надежности и точности результатов недостаточно получить координаты центра закругления X_M, Y_M только по трем точкам круговой кривой. Их надо определить несколько раз в пределах всего закругления и за окончательные принять средние значения. Для этого нужно по наружной кромке покрытия с определенным интервалом l_u закрепить точки и измерить их прямоугольные координаты. Затем последовательно по каждому трем точкам всякий раз, смещаясь вперед на одну, получают координаты X_{Mi} и Y_{Mi} .

В пределах переходной кривой значения X_{Mi} постепенно увеличиваются, достигая величины при попадании на круговую кривую, равной половине длины переходной кривой L . Значения Y_{Mi} постепенно уменьшаются, достигая значения радиуса R при переходе на круговую часть закругления, и затем остаются постоянными. При этом из-за отмеченных ошибок m_p и m_c возникают отклонения в значениях X_{Mi} и Y_{Mi} от их плавного изменения. Ввиду этого требуется оценка точности получаемых величин L и R .

Имея совокупности значений X_{Mi} и Y_{Mi} , можно определить средние квадратические погрешности измерений m_X и m_Y соответственно.

$$m_X = \sqrt{\frac{(X_{M_i} - X_{M_{cp}})^2}{n-1}}; \quad m_Y = \sqrt{\frac{(Y_{M_i} - Y_{M_{cp}})^2}{n-1}},$$

где $X_{M_{cp}}$ – среднее из значений X_{M_i} ; $Y_{M_{cp}}$ – среднее из значений Y_{M_i} ; n – число закрепленных на закруглении точек.

Средние квадратические погрешности средних значений величин X_{M_i} и Y_{M_i} соответственно

$$m_{ox} = \frac{m_X}{\sqrt{n}}; \quad m_{oy} = \frac{m_Y}{\sqrt{n}}.$$

Тогда наиболее достоверные значения: величины X_M

$$X_{M_{cp}} \pm m_{ox};$$

длины переходной кривой L

$$2(X_{M_{cp}} \pm m_{ox}).$$

Наиболее достоверное значение величины Y_M и, значит, величины радиуса R

$$Y_{M_{cp}} \pm m_{oy}.$$

По установленной величине радиуса R рассчитывают для закрепленных на закруглении точек проектные значения ординат y_{npi} . Сравнивают их с фактическими ординатами y_i , полученными при измерении электронным тахеометром. По разности ординат

$$\Delta_i = y_i - y_{npi}$$

оценивается плавность закругления и его отклонение от проектного положения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Определение геометрической конструкции закругления автомобильной дороги / Ю. А. Катькало, Н. В. Тулуевский, А. С. Литвинчук, А. И. Макеев // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2018. – № 3. – С. 96–102.

УДК 625.7
ПРИМЕНЕНИЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Я. В. КОМИССАРОВА, В. В. КУТУЗОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Транспортная инфраструктура является неотъемлемой частью жизни общества. В связи с быстрым технологическим ростом она строится в третьем измерении – это виадуки, туннели, различные 3D-развязки, путепроводы и пр. Ввиду этого и становится актуально применение трёхмерного моделирования.

3D-моделирование при проектировании транспортной инфраструктуры помогает рассмотреть проект на всей протяжённости участка, создать визуальную картинку, избежать ошибки на раннем этапе проектирования, позволяет заметно сократить время и бюджет. В проектировании моделирование также используется для проработки мелких и крупных объектов.

Преимуществом моделирования является то, что любой объект разбивается на составные части, которые рассматриваются как простейшие элементы, благодаря чему необходимые модели проектируются достаточно быстро. Однако 3D-моделирование также широко используется для диагностики, эксплуатации, ремонта и технического обслуживания на протяжении всего жизненного цикла объекта.

На современном этапе развития технологий проектирования транспортной инфраструктуры визуализация – это лучший способ оценки и проработки проекта перед началом строительных работ [1–3]. За счёт воссоздания на основе моделирования реальных объектов возникает возможность презентовать и рекламировать их.

Основополагающими принципами применения трёхмерного моделирования являются:

- активное внедрение в строительстве;
- проектирование, применение и совершенствование моделей;
- возможность удобного хранения и использования данных;
- возможность использовать одну модель всем членам организации.

Проекция 3D-модели на плоском экране позволяет перемещать объект, вращать, рассматривать с различных сторон и в проекциях, а также изменять масштабы изображения, удалять или создавать новые объекты.

Промышленная революция развивается быстрыми темпами, что сделало 3D-технологии доступными любой организации. На сегодняшний день 3D-модели повсеместно используют вместо обычных макетов в проектировании для проработки крупных или миниатюрных деталей, а «объёмная» визуализация становится одним из инструментов маркетинговых

мероприятий. Трехмерные модели реально существующих или абстрактных объектов создаются с помощью специализированных компьютерных программ [4]. Освоение данных программ не требует особых навыков и материальных вложений. В настоящее время наибольшее распространение для проектирования объектов транспортной инфраструктуры получили такие программы, как Credo Дороги, Радон, ГРИС и др. (Беларусь), Autodesk Autocad Civil 3D, InfraWorks и др. (США), ИндорСофт IndorCAF/Road, IndorPavement, Топоматик Robur (Россия), Bentley Power InRoads (Великобритания) и мн. др.

Все вышеперечисленные программы позволяют проектировать дороги более качественно и экономичнее, создавать 3D-модели объектов транспортной инфраструктуры, автомобильной дороги, формировать ее варианты, использовать геодезические данные, сокращать сроки формирования проектной документации, повышая ее качество.

Сгенерированные элементы 3D-моделей могут напрямую передаваться с серверов проектной организации на геодезические приборы, системы автоматики, устанавливаемые на строительно-дорожных машинах и оборудовании. В итоге техника может работать в автоматическом режиме с высокой точностью и минимальным задействованием людей, увеличивая производительность, качество и скорость строительства, при этом снижая стоимость строительных работ на объекте.

Стоит заметить, что трёхмерное моделирование является одной из составных частей BIM-технологий. Это делает применение актуальным и целесообразным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Комиссарова, Я. В.** Применение 3D-моделирования в дорожной отрасли / Я. В. Комиссарова, В. В. Кутузов // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых, Могилев, 25–26 окт. 2018 г. – Могилев, 2018. – С. 132.

2. **Кутузов, В. В.** BIM-технологии в проектировании объектов / В. В. Кутузов, В. В. Диваков // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых, Могилев, 25–26 окт. 2018 г. – Могилев, 2018. – С. 136.

3. **Лебедева, Ю. Н.** Проектирование продольного профиля автомобильной дороги методом оптимизации / Ю. Н. Лебедева, В. В. Кутузов // Инновации в строительстве и эксплуатации дорожно-строительного комплекса: материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 22–23 нояб. 2017 г. / БНТУ; ред. А. В. Бусел [и др.]. – Минск, 2017. – С. 85.

4. Сегодня 3D-модели повсеместно используют [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kp.ru/guide/3d-tekhnologii.html>. – Дата доступа: 16.02.2019.

УДК 624.012.4+691.3
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ БЕТОНА В СООРУЖЕНИЯХ С ДЛИТЕЛЬНЫМ
СРОКОМ ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ РАДИАЦИИ

Н. Н. КОРЗАЧЕНКО, А. И. СЕРГЕЕВ
Черниговский национальный технологический университет

С. В. КИРДА
Корпорация «УКРТРАНСБУД»
Чернигов, Украина

Распространенным материалом для радиационной защиты является бетон, в котором возможно сочетание тяжелых веществ, необходимых для защиты от гамма-излучений, и легких, способствующих поглощению нейтронных потоков. Способствует выбору бетона и легкость придания защите нужных строительных форм, сравнительная дешевизна и широкое использование местных материалов.

В результате проведенных исследований по подбору составов бетонных смесей для железобетонных плит и технологии сооружения приповерхностных хранилищ твердых радиоактивных отходов установлено, что такие бетоны должны содержать высокое количество химически связанной воды при температурах до 300...500 °С, обладать повышенной термостойкостью и быть безусадочными. Хранилища радиоактивных отходов предусматривают, как правило, на длительный срок эксплуатации, которые находятся в постоянных условиях повышенной радиации.

К бетонам и композитным материалам предъявляются особенные требования (по коррозионной стойкости всех типов, радиационной стойкости, долговечности до 300 лет под действием ионизирующего излучения).

Бетонная смесь для таких сооружений должна иметь В/Ц не более 0,5. Максимальная марка смеси по удобоукладываемости – ПЗ. Усадка при твердении бетонных призм рабочих составов не должна превышать 0,03...0,035 %. Исходя из этих соображений, расход цемента должен быть ограничен и составлять не более 420 кг/м³.

Средняя плотность тяжелых бетонов должна быть в пределах от 2200 до 2500 кг/м³. Вяжущим материалом в такого рода бетонах традиционно используется портланд- или глиноземистый цемент с нормируемым минеральным составом, а также магнезиальный, пуццолановый и др. с высоким содержанием химически связанной воды. В качестве заполнителя применяются обычные минеральные заполнители (песок, щебень) или специальные сверхтяжелые (магнетит, гематит, барит) и гидратные (лимонит, серпентинит и др.).

Магнетит (магнитный железняк) имеет плотность около 4500...5000 кг/м³ и предел прочности при сжатии до 200 МПа. Плотность бетона на песке и щебне из магнетита составляет около 4000 кг/м³.

Плотность гематита составляет до 4300 кг/м³, а бетона на его основе – до 3500 кг/м³.

Барит – минерал белого цвета плотностью около 4500 кг/м³. Предел прочности при сжатии составляет около 50 МПа. Плотность бетона на баритовом заполнителе достигает 3800 кг/м³.

Для получения особо тяжелых бетонов применяют чугун (плотность около 7500 кг/м³) в виде дробы, крошки или скрапа (крупного лома), а также сталь (плотность около 7800 кг/м³) в виде обрезков, отходов от штамповки, дробленой стружки.

Бетонные смеси на сверхтяжелых заполнителях плохо укладываются, подвержены значительному расслаиванию, поэтому большое значение имеет плотность и вязкость растворной части бетона.

Длительное радиационное облучение портландцементного бетона приводит к потере физически связанной воды, обезвоживанию цементного геля, усадке бетона. При этом структура бетона уплотняется, материал становится хрупким, пластические деформации снижаются. Поэтому необходимо вводить в такие бетоны пластификаторы.

Для регулировки подвижности бетонной смеси, процессов структурообразования, скорости подъема прочности, интенсивности тепловыделения бетонов и других нормируемых показателей должны применяться химические добавки. Добавки, содержащие в качестве компонента электролит (сульфаты, хлориды, роданиды и т. д.), к применению не допускаются.

Вид и количество химических добавок определяется по результатам испытаний нормируемых показателей свойств бетонных смесей и бетонов с этими добавками.

Погодно-климатические условия оказывают существенное влияние на возводимые конструкции. К числу наиболее важных климатических характеристик относятся температурный режим и атмосферные осадки (количество, периодичность и вид).

Атмосферные воздействия на бетон, применяемый для хранилищ, аналогичны воздействиям, которым подвергаются транспортные конструкции. Поэтому бетон железобетонной плиты хранилища должен иметь класс по прочности не ниже В20, а по морозостойкости – F100.

Вода, используемая для приготовления бетона, должна иметь водородный показатель рН не менее 4 с содержанием минеральных солей не более 5000 мг/л, в том числе не более 2700 мг/л сульфатов.

ОБОСНОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЯ В ЦБЗ
РЕССОРНО-СТЕРЖНЕВОЙ МЕЛЬНИЦЫ

К. А. КУДЛАЕВ, Е. А. ШАРОЙКИНА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Для приготовления бетонной смеси, применяемой при строительстве автомобильной дороги с цементобетонным покрытием «Второй кольцевой автомобильной дороги вокруг г. Минска», большое внимание уделяется вопросу ресурсосбережения, есть необходимость рационально использовать, а также экономить вяжущие вещества.

Дефицитность вяжущих веществ приводит к необходимости экономии цемента, извести и других строительных материалов. Только по цементу величина потерь составляет более 15 %. Также нужно учитывать, что потери при приготовлении цементобетонной смеси происходят на всех стадиях производства и использования вяжущих [1].

Основной задачей активации цементобетонных смесей является смешивание и истирание исходных материалов в одном агрегате и в одном технологическом цикле. Такие действия позволят сэкономить за счет снижения расхода цемента и улучшения качества изделий из них. Так, для активации цементобетонной смеси предлагается использовать дробильно-размольные аппараты, в частности рессорно-стержневую мельницу.

Так, включение в технологическую линию по приготовлению цементобетонной смеси рессорно-стержневой мельницы позволит:

- 1) с помощью механоактивации получать материалы с более высокими механическими характеристиками;
- 2) создавать более улучшенную структуру материала;
- 3) увеличивать прочность;
- 4) увеличивать экономию материала.

Использование рессорно-стержневой мельницы даст возможность уменьшить в 1,5–2 раза число стадий переработки сырья, энергоемкость и металлоемкость процесса дробления, увеличить степень измельчения и заменить собой традиционные мельницы. Например, экономия битума (при приготовлении асфальтобетонной смеси) составит 20 %, а экономия цемента – 30 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Сиваченко, Л. А.** Технологические аппараты адаптивного действия / Л. А. Сиваченко. – Минск: БГТУ, 2008. – 375 с.

УДК 624.01.007
ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ЧИСЛА МОНТАЖНЫХ КРАНОВ
ДЛЯ МАССОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ОДНОТИПНЫХ ОБЪЕКТОВ

Л. В. КУРНОСЕНКО, В. А. КАТКОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В связи с увеличением числа строящихся однотипных объектов возросла потребность в монтажных кранах для их возведения. Механизмы поступают на строительную площадку в соответствии с заявками строительных организации. Время нахождения таких кранов на объектах неодинаково, т. к. их доставка на площадку и монтаж имеют разную продолжительность, а краны по различным причинам могут выйти из строя до окончания строительства. Чтобы, несмотря на всё это, избежать сбоев потока, необходим определённый резерв кранов. Он не должен быть чрезмерным, т. к. это повышает расходы на содержание парка кранов, и недостаточным, что может привести к увеличению дополнительных затрат труда рабочих, сроков строительства и издержек на возведения объектов.

Анализ существующих методик показал, что для расчёта резерва кранов для массового строительства однотипных объектов рационально использовать математический аппарат теории массового обслуживания. Если монтажные краны считать «аппаратами», а заявки на краны «требованиями», то строящиеся объекты и парк механизмов можно представить как систему массового обслуживания с ожиданием. Рассматриваемая задача содержит условия, характерные для систем с неограниченным потоком требований (разомкнутых систем). Такие системы имеют следующие особенности: число обслуживающих аппаратов ограничено, каждый кран одновременно обслуживает только одно требование. Заявки, не попавшие на обслуживание, становятся в очередь до момента, пока не освободится один из аппаратов. Математический аппарат разомкнутой системы массового обслуживания позволяет определить следующие основные показатели работы рассматриваемой системы: вероятность того, что все краны свободны; среднее время простоя каждого объекта в ожидании механизма; среднее число объектов, простаивающих в ожидании крана; вероятность того, что на стадии монтажа находится n объектов; среднее число объектов, находящихся в монтаже и его ожидании; среднее число простаивающих кранов. Варьируя числом монтажных механизмов, можно определить их оптимальное общее число (включая резервные), при котором затраты на осуществление строительно-монтажных работ, включая издержки на содержание кранов, достигают наименьшей величины.

В. В. КУТУЗОВ, А. В. КУЛАБУХОВ, П. А. БРИЛЕВА

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Беларусь находится в очень выгодном географическом положении, располагаясь в центре Европы. Благодаря своему местоположению она является сильной транзитной дорожной державой, что очень важно для развития страны, ее благосостояния и суверенитета. Ее пересекают основные трансъевропейские транспортные коридоры. Но несмотря на все достоинства расположения Республики Беларусь, придорожный сервис находится не на должном уровне. Это происходит из-за неразвитой инфраструктуры, отсутствия объектов быта, мест отдыха водителей и пассажиров.

В сравнении со странами Запада придорожный сервис Беларуси находится на очень низком уровне. Отсутствуют приятные для автомобилистов мелочи, как-то придорожные отели, недорогие кемпинги, где можно всей семьей отдохнуть после длительного движения, придорожные магазины, места обмена валюты; недостаточное количество парковок и минимальное количество комплексов по удовлетворению санитарно-гигиенических потребностей. Если учесть все перечисленные негативные моменты придорожного сервиса и исправить их в сторону комфорта и заботы об автомобилистах, приток туристов вырос бы в разы, что принесло бы доход в бюджет страны. Возле крупных городов еще присутствуют минимальные объекты быта, кафе, парковки, места отдыха автомобилистов, но, проезжая по трассе вдоль мелких населенных пунктов, ситуация становится критичной, придорожный сервис практически отсутствует.

Для развития придорожного сервиса вдали от крупных городов целесообразно заимствовать опыт других стран и часть участков дорог сдавать в аренду частным лицам, которые были бы заинтересованы в улучшении качества сервисных услуг на данных участках вдоль дорог. Во многих зарубежных странах такой опыт успешно практикуется.

Несмотря на все недостатки придорожного сервиса в Республике Беларусь, он развивается, причем наиболее активно в последние годы. Государство стало уделять повышенное внимание к этой проблеме и для ее решения разработало концепцию развития придорожного сервиса до 2020 г., включающую мероприятия по строительству данных объектов на основных объектах по всем областям Беларуси. Предложены места и разработаны типовые объекты придорожного сервиса, которые может использовать любой инвестор, желающий развивать свой бизнес в данной области.

ВЫБОР МАТЕРИАЛА ФИБРЫ
ДЛЯ ДИСПЕРСНОГО АРМИРОВАНИЯ БЕТОНАИ. А. ЛЕОНОВИЧ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Среди комплекса физико-механических свойств фибробетона наиболее выделяются его прочность при растяжении и изгибе и сопротивление ударным воздействиям. Возможность целенаправленно регулировать величину модуля упругости фибробетона за счет материала фибры способствует созданию изделий с заданными деформативными свойствами, в зависимости от характера внешнего воздействия: статического или динамического.

На основе ранее полученной математической модели расчета начального модуля упругости фибробетона в зависимости от объемного содержания и упругих свойств фибры получен ожидаемый характер изменения модуля упругости фибробетона независимо от модульности фибры [1]. Учитывалось разноразное положение фиброэлементов вытянутой формы при идеальном контакте их поверхности с матрицей (мелкозернистым бетоном с начальным модулем упругости $E_c = 20...25$ ГПа). Дальнейший анализ влияния фибры на свойства фибробетона производился на примере материалов разной модульности: стальная фибра ($E_f = 200$ ГПа), стекловолокно ($E_f = 70$ ГПа), полиакрилонитриловая фибра ($E_f = 15...20$ ГПа), полипропиленовая фибра ($E_f = 4...8$ ГПа).

Подтвердилось, что введение стальной и стеклянной фибры повышает модуль упругости фибробетона; низко модульная полипропиленовая фибра несколько снижает модуль упругости бетона, а полиакрилонитриловая практически мало влияет на исследуемый параметр. Например, при объемном содержании фибры в 4 % стальная фибра по расчету должна увеличивать модуль упругости фибробетона на 3,25 %; стеклянная – на 1,25 %, низко модульная полипропиленовая фибра должна снижать модуль упругости бетона на 1 %, а средне модульная полиакрилонитриловая – на 0,25 %.

На практике расход компонентов смеси фиксируется в массовых долях от содержания цемента или в весовых единицах, приходящих на 1 м³ бетона. Перевод объемного содержания в содержание по массе был произведен с учетом средней плотности материалов: сталь – 7800 кг/м³, стекло – 2700 кг/м³, бетон – 2400 кг/м³, полиакрилонитрил – 1180 кг/м³, полипропилен – 910 кг/м³.

После пересчета в массовое содержание (4 %) оказалось, что в наибольшей степени, на 1,05 %, повысит модуль упругости фибробетона

стеклянная фибра, а стальная – только на 0,65 %; полиакрилонитриловая фибра понизит модуль упругости фибробетона на 0,65 %, а полипропиленовая – на 4 %. На практике такое значительное влияние полипропиленовой фибры на упругие свойства фибробетона не наблюдается, т. к. применяемые расходы синтетической фибры не превышают, как правило, 1...1,5 % от массы сухой смеси.

Теоретическая модель показала, что стеклянная фибра более эффективно влияет на модуль упругости бетона, чем стальная. Аналогичным образом можно сопоставить другие материалы при выборе фибры. Положительный эффект от применения низкомодульной фибры также следует учитывать. Она способствует снижению усадки и предотвращает образование усадочных трещин на этапе изготовления бетона, что очень важно для формирования тонких слоев при значительной поверхности плитных изделий. Пониженный модуль упругости фибробетона способствует росту его деформативности, а следовательно, и ударной вязкости. Поэтому для многослойных стеновых панелей и облицовочных плит предпочтительно применение низкомодульных материалов в качестве фибры.

Используемая фибра должна способствовать улучшению определяющих физико-технических свойств бетона, не снижать качество наружной поверхности изделий, быть безопасной как в процессе приготовления бетона, так и при изготовлении и эксплуатации изделий. Выбор вида фибры, помимо ее технологичности при замесе бетона, стойкости в щелочной среде цементного камня, доступности и ценовой приемлемости, зависит от особенностей эксплуатации готового продукта.

Абстрагируясь от технологических особенностей получения бетона, трудностей достижения равномерного распределения той или иной фибры по его объему, степени ее сцепления с цементной матрицей, рекомендуется использовать названную математическую модель для первоначального прогнозирования механических свойств бетона и выбора материала для его дисперсного армирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Леонович, И. А.** Теоретико-практическое моделирование упругих и прочностных свойств мелкозернистого фибробетона для тонкостенных фасадных элементов / И. А. Леонович, Э. И. Батяновский // Строительная наука и техника. – 2012. – № 1. – С. 14–20.

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Н. В. ЛОБИКОВА, О. М. ЛОБИКОВА, С. Д. ГАЛЮЖИН

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Применение современных энергосберегающих технологий при проектировании, строительстве и реконструкции зданий является одним из факторов обеспечения энергетической безопасности государства. В Беларуси планомерно реализуется комплекс мероприятий, направленных на снижение энергопотребления жилых, общественных, производственных зданий. Законом Республики Беларусь «Об энергосбережении» [1] и Государственной программой «Энергосбережение» на 2016–2020 гг. [2] предусматривается необходимость экономии энергоресурсов, в частности, за счет внедрения инновационных энергоэффективных технологий.

Природно-климатические условия в Беларуси отличаются умеренно-континентальным климатом, соответственно, для поддержания требуемых социальными стандартами параметров микроклимата помещений необходимо наличие в жилых помещениях систем отопления. Среди основных требований, предъявляемых к системам отопления в настоящее время, лидирующие позиции занимают надежность и экономичность. Вид используемого топлива обуславливает принципиальные отличия конструкции систем отопления здания. В связи с тем, что затраты на отопление и горячее водоснабжение составляют от 30 до 70 % эксплуатационных затрат и стоимость энергоресурсов постоянно растет, вид используемого топлива в системе отопления в процессе жизненного цикла здания напрямую влияет на общую величину эксплуатационных расходов и обуславливает в конечном итоге цену за проживание [3]. При этом для пользователя при выборе типа системы отопления существенными также являются следующие параметры:

- простота установки и эксплуатации отопительного оборудования;
- отсутствие трудоемких операций при его обслуживании;
- доступность по ценовым параметрам;
- наличие на рынке товаров требуемого оборудования;
- наличие запчастей для ремонта;
- наличие предложений услуг монтажа;
- наличие предложений услуг ремонта, модернизации;
- наличие проработанных технических решений;
- апробация имеющихся технических решений большим количеством потребителей;
- репутация производителя оборудования;
- наличие различных модификаций теплогенераторов;

- экономичность на всех этапах реализации;
- требования к квалификации потребителя;
- отсутствие потребности в отдельном помещении для размещения оборудования;
- вероятность изменения цен на энергоноситель;
- безопасность для здоровья пользователя;
- безопасность для окружающей среды.

Учет всех перечисленных факторов в совокупности определяет трудности при выборе типа системы отопления. Требуется использование методологии, учитывающей комплекс последствий реализации проекта, экономических, социальных, экологических рисков на протяжении жизненного цикла проекта. Разработанная методология предполагает многокритериальную оценку проектов [4]. Выполняемые последовательно действия по анализу доступных вариантов проектов, их качественная и количественная оценка, определение чистого денежного потока в динамике за расчетный период с учетом остаточной стоимости оборудования, экологических последствий реализации, оценка рисков на этапах проектирования, монтажа, эксплуатации – все это дает возможность определить рейтинг различных отопительных систем, актуальный для конкретного потребителя. Данная методология оценки проектов систем отопления учитывает потребности индивидуально, всесторонне, в долгосрочной перспективе, позволяет избежать ошибок на начальных стадиях реализации проекта, обеспечивает удовлетворенность результатами проекта заказчика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об энергосбережении: Закон Респ. Беларусь, 8 янв. 2015 г. № 239-З // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – 2015, 2/2237.
2. Государственная программа «Энергосбережение» на 2016–2020 годы, 28 марта 2016 г. № 24 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – 2017, 5/44611.
3. **Лобикова, О. М.** Тренд развития стратегического менеджмента в компаниях при строительстве жилья – курс на энергосбережение / О. М. Лобикова, Н. В. Лобикова // Инновационная экономика, стратегический менеджмент и антикризисное управление в субъектах бизнеса: материалы I Междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2018. – С. 229–232.
4. **Лобикова, Н. В.** Эффективность различных систем отопления индивидуальных жилых домов с учетом экологичности проекта / Н. В. Лобикова, О. М. Лобикова, С. Д. Галюжин // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2018. – № 4 (61). – С. 120–130.

УДК 697.921.47
ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ
СИСТЕМ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ

Н. В. ЛОБИКОВА, О. М. ЛОБИКОВА, С. Д. ГАЛЮЖИН

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Для организации эффективной трудовой деятельности на промышленном предприятии возникает необходимость в удалении загрязненного воздуха из помещения и поступлении чистого воздуха. Это требование закреплено в [1, 2]. С другой стороны, при вентиляции вместе с удалением загрязненного воздуха из помещения удаляется тепло. В соответствии с Государственной программой «Энергосбережение» на 2016–2020 гг. и подпрограммой «Повышение энергоэффективности» необходимо применение энергоэффективных технологий, в частности минимизация потерь тепла через вентиляционные системы производственных помещений. Кроме того, сохранение тепла уменьшает затраты на отопление производственных зданий и способствует снижению себестоимости продукции предприятия, повышению ее конкурентоспособности.

Для решения поставленной задачи в системе вентиляции устанавливается рекуператор, который дает возможность утилизировать тепло удаляемого воздуха. Однако при установке энергосберегающей вентиляционной системы предприятие несет дополнительные затраты на приобретение оборудования, его установку, монтаж, текущие эксплуатационные расходы. В ряде случаев на этапе проектирования учитываются не все аспекты проблемы и, соответственно, допущенные ошибки негативно влияют на результаты производственно-хозяйственной деятельности предприятия.

Авторами разработана методика оценки целесообразности установки в системе вентиляции производственного помещения рекуператора. Данная методика включает последовательное выполнение следующих этапов исследования. На первом этапе производится выбор альтернативных проектов систем вентиляции без рекуператора и с установленным в вентиляционную систему рекуператором с учетом технических, организационных, экономических факторов. Производится подбор рекуператора в соответствии с его техническими характеристиками, видом производства, требованиями к микроклимату помещения, объемом и загрязненностью удаляемого воздуха. Рассчитываются потери тепла через систему вентиляции по вариантам проектирования с учетом температуры окружающей среды, продолжительности эксплуатации системы вентиляции. Второй этап – определение потерь мощности в рекуператоре с учетом потерь энергии из-за увеличения аэродинамического сопротивления вентиляционной системы при установке рекуператора [3]. Также определяются потери электро-

энергии на преодоление аэродинамических сопротивлений. На третьем этапе исследования производится определение потребной энергии в стоимостном выражении при организации вентиляции с установкой рекуператора и в системе вентиляции без рекуператора за расчетный период. Рассчитываются текущие эксплуатационные затраты с учетом комплекса факторов [4]. Четвертый этап исследования включает определение показателей эффективности проектов вентиляции здания. На заключительном этапе производится выбор оптимального варианта проекта системы вентиляции с учетом совокупности факторов.

Разработанная методика оценки эффективности применения рекуператоров в системах вентиляции при строительстве и реконструкции зданий учитывает потери энергии из-за увеличения аэродинамического сопротивления вентиляционной системы при установке рекуператора. В холодное время года установка рекуператора позволяет достичь существенной экономии за счет экономии энергии на отопление. Срок окупаемости затрат при этом не превышает отопительного сезона [3]. Данная методика позволяет избежать ошибок, влекущих потери финансовых ресурсов предприятия на этапе эксплуатации объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: Закон Респ. Беларусь, 7 янв. 2012 г. № 340-З: с изм. и доп. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kodeksy-by.com/zakon_rb_o_sanitarno-epidemiologicheskom_blagopoluchii_naseleniya/13.htm. – Дата доступа: 10.01.2019.
2. Санитарные нормы и правила. Требования к контролю воздуха рабочей зоны: утв. постановлением М-ва здравоохранения РБ, 11 окт. 2017 г. № 92 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ohrana-truda.by/topic/5546-utverzhdenny-novye-sanitarnye-normy-i-pravila-t/>. – Дата доступа: 10.01.2019.
3. Целесообразность использования современных энергосберегающих систем вентиляции при строительстве и реконструкции зданий [Электронный ресурс] / С. Д. Галюжин, Н. В. Лобикова, О. М. Лобикова, А. С. Галюжин // Вестн. науки и образования Северо-Запада России. – 2018. – Т. 4, № 4. – С. 1–8. – Режим доступа: <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2018/12/2018-N4-GalyuzhinGalyuzhin.pdf>. – Дата доступа: 10.01.2019.
4. **Лобикова, Н. В.** Эффективность различных систем отопления индивидуальных жилых домов с учетом экологичности проекта / Н. В. Лобикова, О. М. Лобикова, С. Д. Галюжин // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2018. – № 4 (61). – С. 120–130.

УДК 625.8

МЕТОДЫ РЕМОНТА АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

Д. Ю. МАКАЦАРИЯ, Е. Ю. СКВОРЦОВ, С. В. КУРАШОВ

Могилевский институт МВД Республики Беларусь

Могилев, Беларусь

Проведение ремонта дорожного покрытия является одним из распространенных мероприятий, направленных на поддержание и восстановление работоспособности автомобильных дорог. В свою очередь организовать безопасное дорожное движение возможно лишь на участках автомобильных дорог, находящихся в исправном техническом состоянии. Асфальтобетонное покрытие получило широкое распространение в конструкциях дорожных одежд, возводимых на автомобильных дорогах не только Республики Беларусь, но и в зарубежных странах. Это связано в первую очередь с наличием достаточных прочностных и эксплуатационных характеристик, обеспечивающих безопасное перемещение транспортных средств. Среди основных недостатков асфальтобетонного дорожного покрытия можно выделить ресурс, который по сравнению с цементобетонным дорожным покрытием существенно ниже. Данный недостаток компенсируется более низкими издержками на эксплуатацию машин и механизмов, используемых при возведении асфальтобетонного дорожного покрытия. Кроме этого, асфальтобетонное покрытие обладает достаточной ремонтпригодностью, в отличие от цементобетона, который фактически представляет собой искусственный камень.

При возведении на участках автомобильных дорог асфальтобетонного покрытия закладывается ресурс его использования, который во многом определяется интенсивностью движения транспортных средств и их скоростным режимом. При увеличении свыше расчетного норматива значения хотя бы одного из данных параметров интенсивность износа поверхности дорожного покрытия начинает возрастать. В конечном итоге это приводит к появлению дефектов и разрушений, которые не позволяют безопасно эксплуатировать асфальтобетонное дорожное покрытие на протяжении всего запланированного ресурса. В такой ситуации возникает необходимость сокращения продолжительности эксплуатации участков дорог с асфальтобетонным дорожным покрытием в целях поддержания надлежащего уровня безопасности. Восстановление работоспособности данных участков автомобильных дорог возможно при проведении ремонта изношенного асфальтобетонного покрытия [1].

Перспективное планирование мероприятий, направленных на поддержание и восстановление работоспособности автомобильных дорог в Республике Беларусь, осуществляется на основе количественных значе-

ний его ресурса. При этом финансирование данных расходов тесно связано с перспективным планированием. Сокращение ресурса эксплуатации асфальтобетонного дорожного покрытия оказывает существенное давление на источники финансирования, размера которых становится недостаточным для проведения своевременного ремонта всех необходимых объектов [2].

Решение данной проблемы возможно за счет изучения и внедрения современных методов строительства и ремонта асфальтобетонного дорожного покрытия. Одним из них является метод «горячий на горячий». Реализация данного метода заключается в использовании специально сформированного комплекта машин, включающего специализированный асфальтоукладчик или два асфальтоукладчика, укладывающих несколько слоев асфальтобетонного дорожного покрытия. При этом в качестве комплектующей техники могут использоваться машины, эксплуатирующиеся в дорожно-строительных и ремонтных организациях Беларуси, а именно дорожные фрезы, катки различных типов и автотранспорт. Данный подход позволяет снизить капитальные затраты на формирование необходимого комплекта машин, что делает его доступным для применения в организациях дорожной отрасли страны.

Внедрение современных методов ремонта асфальтобетонного дорожного покрытия позволит повысить интенсивность проведения мероприятий по восстановлению работоспособности автодорог, что, при существующем уровне финансирования дорожной отрасли, компенсирует влияние сокращения эксплуатационного ресурса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Макацария, Д. Ю.** Эффективные способы ремонта автомобильных дорог и снижения дорожной аварийности / Д. Ю. Макацария, В. В. Кутузов // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности : материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых. – Могилев, 2018. – С. 140.

2. **Макацария, Д. Ю.** Влияние своевременного ремонта асфальтобетонного дорожного покрытия на безопасность движения [Электронный ресурс] / Д. Ю. Макацария, Е. Ю. Скворцов // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 26–27 апр. 2018 г. / Белорус.-Рос. ун-т ; редкол.: И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев, 2018. – Режим доступа: <http://bru.by/content/science/conferences/materialsconferences>. – Дата доступа: 04.06.2018.

УДК 656.021

АНАЛИЗ ИНТЕНСИВНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ОСНОВНЫХ МАГИСТРАЛЬНЫХ УЛИЦАХ Г. МОГИЛЕВА

Д. Ю. МАКАЦАРИЯ

Могилевский институт МВД Республики Беларусь

А. В. ЯНУЩИК, А. И. СМАГУЛА

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Основными проблемами магистральных улиц являются пробки в час пик, дорожно-транспортные происшествия, плохая работа общественного транспорта и т. д. Статистика показывает, что человек в среднем за год проводит 30 ч своего времени в пробках. Это время он мог бы использовать с большей пользой для себя. Для исключения данного негативного фактора требуется детально подходить к процессу организации дорожного движения с учетом местных особенностей и интенсивности движения.

Комплексное наблюдение и анализ интенсивности дорожного движения на основных магистральных улицах города Могилева (пр-т Пушкинский, ул. Первомайская) проводились с целью выявления проблем организации дорожного движения. В процессе исследований и анализа использовались расчетные, статические и аналитические методы.

Были исследованы наиболее загруженные и опасные перекрёстки пересечения дорог: ул. Первомайской с ул. Тимирязевской, пр-том Мира, ул. Комсомольской, ул. Лазаренко; ул. Пушкинской с ул. Гагарина, ул. Островского и ул. Габровской. По данным перекресткам и улицам осуществлены хронометраж и наблюдения за транспортным потоком в час пик (18:00) и во время минимальной интенсивности движения (11:00).

По полученным данным был произведен расчет интенсивности движения и определен состав транспортного потока (легковые автомобили, грузовые автомобили и автобусы).

В результате анализа интенсивности дорожного движения на основных магистральных улицах г. Могилева были получены следующие данные:

- легковых автомобилей проезжает больше, чем грузовых автомобилей и автобусов;
- в час пик интенсивность движения в 1,5–2 раза больше, чем во время минимального потока транспорта на автомобильных дорогах;
- из-за увеличения потока движения в час пик на дорогах возникают пробки;
- движение на дорогах усугубляется нерациональным режимом работы светофоров.

УДК 691.32

ТВЕРЖДЕНИЕ БЕТОНА С ДОБАВКОЙ «УКД-1» С НАЧАЛЬНЫМ РАЗОГРЕВОМ И КРАТКОВРЕМЕННЫМ ПРОГРЕВОМ

О. Ю. МАРКО, Е. Е. КОРБУТ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Учитывая часто возникающую производственную необходимость использования неутепленных типов опалубок при работе в зимний период, исследовали кинетику роста прочности бетона при режимах кратковременного электродного прогрева, включавшего подъем температуры до 30...50 °С (соответственно, для бетона на цементе I, II и III групп эффективности при пропаривании) и поддержание ее на заданном уровне в течение 1...4 ч. Дальнейшее твердение бетона – медленное остывание в форме-опалубке (доска толщиной 25 мм) при температуре $t_{нв} = -10$ °С.

Во всех сопоставимых случаях (табл. 1) подвод тепла к бетону осуществляли через равные отрезки времени: 4,5 и 5,5 ч. При этом если время разогрева бетона увеличивалось (с ростом температуры разогрева), то сокращали продолжительность изотермии. Таким образом, обеспечивали равный период времени последующего «термосного» твердения бетона: 12; 18 и 24 ч для получения большей сопоставимости результатов экспериментов. В исследованиях использовали бетон класса $C^{12/15}$; подвижность смеси ОК ~ 12...14 см; составы с добавкой 1 % «УКД-1».

Табл. 1. Кинетика роста прочности бетона с кратковременным прогревом (твердение в деревянных формах-опалубках при $t_{нв} = -10$ °С)

Температура прогрева бетона	Режим подвода тепла, ч: нагрев + изотермич. прогрев	Группа эффективн. цемента при пропаривании (М400)	Вид добавки	Прочность бетона в % от $f_{cm,28}$ после твердения в течение, ч, от начала изотермического прогрева		
				12	18	24
30	1,5 + 3	I	«УКД-1»	65	76	78
	1,5 + 4	I	«УКД-1»	71	80	86
40	2,5 + 2	II	«УКД-1»	63	72	75
	2,5 + 3	II	«УКД-1»	69	78	84
50	3,5 + 1	III	«УКД-1»	61	71	77
	3,5 + 2	III	«УКД-1»	70	77	84
50	3,5 + 1	I	«УКД-1»	80	89	93

Из полученных данных следует, что, используя добавку «УКД-1» в сочетании с кратковременным прогревом бетона при подаче тепла в течение 4,5...5,5 ч, даже в неутепленной деревянной опалубке возможна реализация малоэнергоемкой технологии. Отметим, что с меньшей эффективностью, чем в теплоизолированных типах опалубок, из-за необходимости изотермического прогрева в течение 1...4 ч. При этом за период твердения

в 16,5...17,5 и 22,5...24,0 ч (включая подъем температуры, прогрев бетона и «термостатическую» выдержку 12 и 18 ч) образцы бетона с добавками $M_n = 40 \text{ м}^{-1}$ достигают прочности соответственно до 70 и до 80 % от проектной. Увеличение времени твердения до 28...30 ч позволяет при данных условиях обеспечить прочность бетона до 85 %.

Подтверждена зависимость прочности бетона с добавкой от группы эффективности используемого цемента и температуры разогрева (прогрева) бетона. Принятый по полученным данным уровень температуры прогрева 30, 40 и 50 °С для цемента I, II и III групп эффективности обеспечивает примерное равенство прочности бетона за равные периоды твердения при прочих равных условиях.

Из вышеизложенного следует, что наименьшие энергетические затраты на стадии твердения бетона с прогревом обеспечивает применение цемента I группы эффективности, характеризующегося наибольшим тепловыделением (экзотермией). Кроме того, при использовании неутепленной опалубки и ускоренной потере, в связи с этим, тепла твердеющего бетона рационально увеличение температуры разогрева до 50 °С, что в совокупности с активным (I группы) вяжущим обеспечивает за 16...24 ч твердения уровень прочности в 80...90 % от проектной.

Следует отметить, что наиболее интенсивно прочность разогретого бетона, твердеющего в неутепленной опалубке, нарастает в первые 12...18 ч, а затем темп ее роста снижается. Это непосредственно связано с теплотерями в окружающую среду. В результате выделяющаяся теплота экзотермии цемента не накапливается, а расходуется на поддержание температуры твердеющего бетона. При неутепленной опалубке через 16...18 ч твердения потери тепла начинают превалировать (как в рассматриваемом случае), а температура твердеющего бетона существенно снижается, что отражается потерей темпа роста его прочности.

В табл. 2 приведены рекомендуемые режимы твердения бетона с добавкой «УКД-1» в теплоизолированной опалубке ($K_m = 0,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$) для модулей теплоотдающей поверхности до $M_n \leq 40 \text{ м}^{-1}$ при скорости подъема температуры до 10 °С/ч.

Табл. 2. Режимы твердения бетона с добавкой «УКД-1» по «малозэнергоёмкой» технологии (для цемента II группы эффективности при пропаривании)

Температура разогрева бетона, °С	Вид добавки	Время подъема температуры, ч, при $V_n = 10 \text{ }^\circ\text{С}/\text{ч}$	Время термостатической выдержки в опалубке в зависимости от $t_{\text{нв}}$, °С, при обеспечении прочности в % от проектной (100 %)											
			$t_{\text{нв}} = -5 \text{ }^\circ\text{С}$				$t_{\text{нв}} = -10 \text{ }^\circ\text{С}$				$t_{\text{нв}} = -20 \text{ }^\circ\text{С}$			
			50	60	70	80	50	60	70	80	50	60	70	80
30	«УКД-1»	$\leq 2,5$	16	24	32	42	18	26	38	*	24	36	*	*
40	«УКД-1»	$\leq 3,5$	10	16	20	30	12	16	22	30	12	20	28	40
50	«УКД-1»	$\leq 4,5$	8	10	12	18	10	11	12	24	10	12	20	28
Примечание – * – не рекомендуется														

УДК 621.926

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССЕ МЕХАНОАКТИВАЦИИ

В. С. МИХАЛЬКОВ, А. Д. МИХАЛЬКОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Одними из причин быстрого разрушения строительных конструкций зданий и сооружений и покрытий автодорог являются применение некачественных строительных материалов и несоблюдение технологии выполнения строительно-монтажных работ. Но, прикрываясь этой азбучной истиной, современные строители пытаются не замечать либо полностью исключать возможные пути решения проблемы совершенствования технологии производства строительных материалов.

Например, если рассматривать бетон как исходный продукт для создания строительных конструкций и покрытий автодорог, то при прочих равных показателях можно добиться повышения прочности бетонной конструкции применением на различных этапах механоактивации – либо на этапе производства исходных строительных материалов, либо на этапе производства бетонной смеси, либо на этапе укладки строительной смеси в конструкцию.

Механоактивация (mechanical activation) – активирование твердых веществ их механической обработкой. Если разобрать это определение, то становится понятным, что повысить эффективность работы твердых веществ в смеси (сформировать более химически активное вещество, активировать химические превращения, вывести твердые вещества из стабильного состояния) возможно путем воздействия на параметры процесса либо на физико-химическое состояние твердого вещества.

Таким образом, становится понятным, что для активирования твердых веществ необходимо провести их измельчение в ударном, истирающем либо смешанном ударно-истирающем режиме для увеличения количества дефектов, в том числе структурных (увеличенная адгезия, площадь активной поверхности), межфазовым превращениям и аморфизации кристаллов (повышение химической активности). Так, активация цемента как вяжущего для бетона позволяет повысить прочность строительных конструкций и дорожного покрытия и, как следствие, сократить расход цемента в условиях заводов сборного железобетона и строительных площадок, а также ускорить время набора проектной прочности.

Таким образом, исследование повышения прочностных характеристик строительных материалов путем их механоактивации (механохимической активации) является перспективной строительной задачей.

УДК 621.926

ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

Д. В. МИХАЛЬКОВ, А. Ю. КОТОВ, А. Д. МИХАЛЬКОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Информационное моделирование здания (Building Information Modeling, или Building Information Model, или BIM) – это подход к концепции, проектированию, строительству, эксплуатации, реконструкции, демонтажу здания, сопровождение здания на протяжении всего жизненного цикла. Предполагает комплексный сбор и подготовку исходных данных и их обработку в процессе проектирования и ввода в эксплуатацию с целью формирования информации о здании как едином объекте.

Необходимо понимать, что информационное моделирование здания – не просто процесс проектирования и, тем более, не просто процесс архитектурной его составляющей. Это формирование замысла, образа здания, его внутренней начинки, что позволяет, в первую очередь, мыслить объемно, а во вторых – анализировать жизненный цикл объекта с течением времени.

Building Information Modeling – относительно молодая технология. Сейчас ее внедрение находится в начале пути – это разработка информационной архитектурной, реже – конструкторской модели и передача ее заказчику. Однако подразумевается, что наибольший смысл технология получит при ее внедрении в части управления и координации процесса строительства и эксплуатации, когда произойдет экономия не только времени проектирования и исключение некоторых ошибок при проектировании за счет совместной работы над моделью специалистов различных направлений (архитекторы, конструкторы, технологи, специалисты по инженерным системам здания, сметчики и т. д.), но и снижение стоимости затрат на строительство, эксплуатацию объекта строительства. Указанное подразумевает, что проектировщик, заказчик и подрядчик работают совместно, «в одной команде», прорабатывая все вопросы для потенциальной эксплуатации объекта строительства.

Соответственно, возникает целесообразность внедрения информационного моделирования здания в учебном процессе при обучении студентов специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство». При этом стоит задуматься над новыми формами представления информации студентам и студентами в ходе курсового и дипломного проектирования, использования всех преимуществ современной технологии информационного моделирования.

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Д. В. МИХАЛЬКОВ, В. С. МИХАЛЬКОВ, А. Ю. ЛИБАК

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Загрязнение воздуха – это серьезная экологическая проблема. В Республике Беларусь в 14 промышленных центрах ведется мониторинг качества атмосферного воздуха. На данный момент было получено огромное количество замечаний по увеличению загрязнения атмосферного воздуха в стране, что может сказаться на здоровье и жизни населения.

Вследствие того, что загрязнение является серьезной проблемой, в Беларуси и за рубежом разрабатываются методы борьбы с загрязненностью городов. Один из таких способов довольно простой – это вертикальное озеленение. Решение проблемы указанным способом предполагает использование малого участка земли площадью до 0,5 м², что обусловлено недостатком свободной площади для озеленения в крупных промышленных центрах.

Предполагается, что растения будут обвивать стены здания или сооружения, тем самым будет очищаться воздух, а также скрываться дефекты строения. Немаловажным представляется возможность повышения архитектурной выразительности зданий, украшая стены и придавая им эстетический вид. Кроме того, озеленение сможет преграждать проникновению городской пыли и шума в помещение.

В соответствии с указанным целью исследований является рассмотреть целесообразность вертикального озеленения в климатических условиях РБ и предложить технологию по очистке атмосферных загрязнений путем вертикального озеленения.

При этом необходимо подобрать растения, пригодные для обитания в условиях умеренного климата, и выявить способы вертикального озеленения, соответственно, выявить растения, способные выжить в климатических условиях РБ, а также очистить воздух от вредных веществ, загрязняющих окружающую среду (формальдегиды, фенолы и др.), снизить содержание углекислых газов в воздухе промышленных центров.

Актуальность исследований заключается в нахождении способа снижения антропогенных воздействий на атмосферный воздух путем вертикального озеленения.

Практическая значимость работы состоит в том, чтобы понизить содержание антропогенного воздействия на окружающую среду, что может привести к повышению здоровья и жизни населения Республики Беларусь.

УДК 691.328.3
ЭФФЕКТИВНЫЙ ПРОЦЕНТ АРМИРОВАНИЯ КЕРАМЗИТОБЕТОНА
ПОЛИПРОПИЛЕНОВОЙ ФИБРОЙ

Ю. Г. МОСКАЛЬКОВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Наибольшая трудность при проектировании конструкций из легких бетонов заключается в том, что не существует единых рекомендаций по подбору состава бетонной смеси и оптимальным процентам армирования различными видами арматуры. Связано это с сильно отличающимися свойствами пористых заполнителей для бетонов, добываемых в различных регионах. Поэтому для каждого вида заполнителя, выпускаемого конкретным производителем, необходимо проводить исследования с целью разработки соответствующих рекомендаций.

Однако анализ большого числа литературных источников показал, что вне зависимости от вида легкого бетона при использовании полимерной фибры рекомендуемый процент армирования находится в диапазоне 0,5...1,5 % по массе от массы цемента. Тем не менее величина наиболее эффективного процента армирования, позволяющего получить наибольший прирост прочности, остается спорной и требует накопления дополнительных экспериментальных данных для определенного региона.

На базе Белорусско-Российского университета начаты исследования по установлению эффективного процента армирования керамзитового бетона на основе сырьевых материалов белорусского производства. Для изготовления опытных образцов в качестве крупного заполнителя применялся керамзитовый гравий производства ОАО «Завод керамзитового гравия г. Новолукомль» фракции 5...10 мм, мелкого заполнителя – карьерный песок с модулем крупности 2,27, вяжущего – портландцемент производства ОАО «Белорусский цементный завод» марки М500. Дисперсное армирование осуществлялось полипропиленовой фиброй ВСМ (волокно строительное микроармирующее), являющейся российским аналогом марки «Fibrin». Содержание фибры в бетонной смеси по массе составляло 0,5; 1,0 и 1,5 % от массы цемента. В результате испытания первых двух серий опытных кубов с размером ребра 100 мм установлено, что наибольший прирост прочности керамзитового бетона, по сравнению с неармированным керамзитобетоном, достигается при содержании полипропиленовой фибры 0,5 % по массе от массы цемента.

УДК 624.154.001.4
РАБОТА СВАЙ ВИНТОВЫХ КОНУСНО-СПИРАЛЬНЫХ (СВКС)
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СИЛ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ

И. В. НОСКОВ, А. В. СВИДЕРСКИХ
Алтайский государственный технический
университет им. И. И. Ползунова
Барнаул, Россия

Россия имеет продолжительную зиму, сложные инженерно-геологические условия (ИГУ) на значительной части территории. Колебания температур в комплексе со сложными ИГУ развивают ряд физико-механических процессов в грунтах, которые влияют на фундамент будущего здания или сооружения. Поэтому необходим такой фундамент, который будет соответствовать современным нормам и стандартам передового строительства. Например, фундамент на сваях винтовых конусно-спиральных (СВКС) (рис.1).



Рис. 1. Сваи винтовые конусно-спиральные (СВКС)

В связи с этим сформировались основные аспекты проведения исследования свай СВКС. Первым аспектом выбора исследования свай СВКС является то, что для большего их распространения необходимо твердое научное обоснование. Второй аспект заключается в том, что существует значительная распространенность специфических грунтов, обладающих пучинистыми свойствами (около 70 % территории Алтайского края РФ). Третьим аспектом было то, что данный вид свай (СВКС) ранее не испытывался на морозное пучение на территории Российской Федерации.

В соответствии с программой исследования по определению влияния сил морозного пучения на работу свай СВКС в зимних условиях проведены испытания 16 свай FM 24 76*(3,5)*2000 фирмы «В.А.У», полностью погруженных в зону промерзания до наступления отрицательных температур, на экспериментальной площадке с грунтовым основанием, сложенным супесями и суглинками лессовидными, пластичными, сильнопучинистыми в период с 2010 г. по 2013 г.

После завинчивания сваи были оставлены в грунте без нагрузки, и в течение зимнего периода снимались показания деформаций свай от воз-

действия сил морозного пучения. По результатам проведенных измерений деформаций свай строились графики изменения положения оголовка свай во времени (рис. 2).



Рис. 2. Превышения куста свай I-III относительно репера за весь период наблюдений

На рис. 2 видно, что сваи находятся в исходном положении на протяжении всего первого цикла замораживания и оттаивания, что свидетельствует об отсутствии вертикальных перемещений. Сверху показана линия перемещения заранее выбранной точки на грунтовом основании для определения фактической величины вертикальной деформации пучения грунтового основания. По данным, полученным в ходе испытания свай СВКС, вертикальная деформация грунтового основания за первый цикл наблюдений составила 9,5 см, что подтверждает пучинистые свойства грунтов основания. Превышения оголовков всех испытываемых свай относительно неподвижного репера находятся в пределах от $-0,4$ до 1,5 см. Для выяснения причин данных превышений был проведен комплексный анализ таких факторов, как погрешности геодезических измерений, оценка инженерно-геологических условий, оценка воздействия свай СВКС при её погружении в грунт, аналитический прогноз подъема сваи от сил морозного пучения. По результатам всестороннего анализа всех факторов можно сделать вывод, что работа свай СВКС существенно отличается от работы других видов свай в условиях морозного пучения грунтов. Величина деформаций находится в пределах ошибки измерений. При завинчивании сваи СВКС в межвитковых промежутках грунт не разрыхляется, а, наоборот, уплотняется спиралью, уменьшая пористость околосвайного грунта с одновременным отжатием влаги, и, следовательно, уменьшается степень пучинистости грунта. Аналитические расчеты по действующим нормативным документам винтовых однолопастных свай на действие сил морозного пучения не соответствуют результатам натурных испытаний свай СВКС. Результаты натурных испытаний показали, что сваи СВКС эффективно противостоят силам морозного пучения и могут успешно эксплуатироваться в зимних условиях при строительстве шумозащитных экранов, малонагруженных зданий и сооружений на пучинистых грунтах.

УДК 621.1

УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ ОБРАТНЫХ ЗАСЫПОК ПАЗУХ ФУНДАМЕНТОВ

И. Л. ОПАНАСЮК, Я. В. АНИЩЕНКО
Белорусско-Российский университет

Л. Г. ОПАНАСЮК
Могилевский государственный университет продовольствия
Могилев, Беларусь

Земляные работы при строительстве любого здания или сооружения относятся к числу основных производственных процессов. Они включают разработку грунта, его перемещение, укладку и уплотнение. Разработка грунта и его перемещение в пределах строительной площадки осуществляется традиционными комплектами машин в составе экскаваторов, оборудованных «обратной лопатой», и бульдозеров. При этом контролируются только параметры устраиваемых временных выемок для подземной части зданий и сооружений.

Укладка и уплотнение грунта в пазухах после устройства подземной части здания является сложным технологическим процессом, обеспечивающим требуемую плотность грунта при соблюдении его оптимальной влажности, толщины укладки уплотняемого слоя грунта, выбора средств механизации и контроля качества производства работ.

Механическое улучшение свойств грунтов осуществляют поверхностным и глубинным уплотнением. Для обратных засыпок пазух, как правило, применяют поверхностное уплотнение с помощью легких и тяжелых трамбовок, уплотнение катками, трамбуемыми машинами, в том числе вибротрамбками и вибротрамбовками. В стесненных условиях производства работ применяют средства малой механизации (ручные, электрические, пневматические трамбовки и вибротрамбовки). Достаточность уплотнения грунта характеризуется коэффициентом уплотнения K_{com} , который изменяется в пределах от 0,91 до 0,98.

Выбор технологии производства работ с обоснованием комплектов средств механизации для обратных засыпок и уплотнения грунта является достаточно сложной и актуальной практической задачей, оптимальное решение которой обеспечивает требуемое качество, минимальные трудовые и материальные затраты, а также сроки производства работ.

Были рассмотрены возможные варианты поверхностного уплотнения грунта обратных засыпок пазух фундаментов, определены их технико-экономические показатели, разработаны и рекомендованы для производства работ комплекты машин и механизмов с учетом существующих условий производства работ.

УДК 621.1
КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ СОВМЕЩЕННЫХ МЯГКИХ РУЛОННЫХ
КРОВЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА

И. Л. ОПАНАСЮК, И. В. КУВШИНОВ, А. Р. ДАЛЕЦКИЙ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В соответствии с ТКП 45-5.08-277-2013 *Кровли*. Строительные нормы проектирования и правила устройства в зависимости от конструктивных решений кровли подразделяют на:

- совмещенные кровли с прямым расположением слоев;
- вентилируемые кровли;
- инверсионные кровли (с обратным расположением слоев).

Наибольшее распространение в практике строительства жилых, гражданских, а также промышленных зданий получили совмещенные кровли с прямым расположением слоев (пароизоляции, утеплителя, оснований в виде цементных либо асфальтобетонных стяжек и водоизоляционного ковра), последовательно уложенных на несущую конструкцию покрытия (рис. 1).

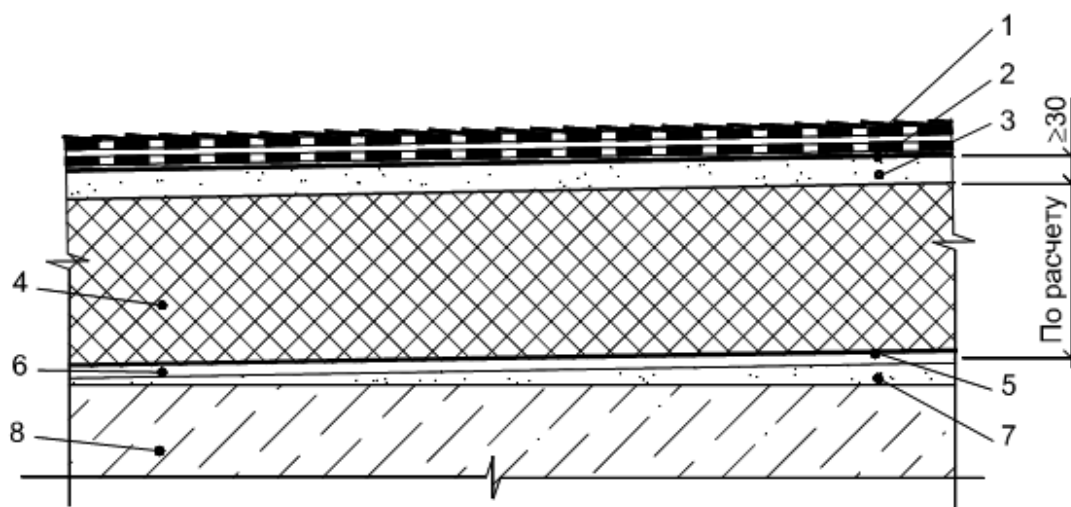


Рис. 1. Неэксплуатируемая кровля с утеплителем и сплошной наплавкой (наплавкой) водоизоляционного ковра: 1 – водоизоляционный ковер; 2 – грунтовка; 3 – стяжка; 4 – теплоизоляция; 5 – пароизоляция; 6 – выравнивающая стяжка (затирка); 7 – разуклонка из легкого бетона; 8 – несущая конструкция покрытия

Существующие повышенные теплотехнические требования к ограждающим конструкциям зданий в большинстве случаев требуют увеличения толщины утеплителя либо его полной замены на эффективные теплотехнические материалы.

Практика производства ремонтно-строительных работ мягких совмещенных кровель города Могилева показала высокую стоимость, материа-

лоемкость и трудоемкость их производства из - за того, что для этого требуется предварительное техническое освидетельствование существующих кровель (обследование), разработка проектно-сметной документации, а также значительные затраты на производство работ, включающие:

- разборку водоизоляционного ковра;
- разборку основания кровли (цементно-песчаной либо асфальтобетонной стяжки);
- увеличение толщины либо полную замену утеплителя;
- восстановление основания водоизоляционного ковра;
- устройство основного водоизоляционного ковра с усилением водоприемных воронок, примыканий к парапетным стенам и вентиляционным каналам.

Было предложено альтернативное решение капитального ремонта совмещенных мягких рулонных кровель. Данное решение заключается в том, что для существующей кровли производится ремонт только водоизоляционного ковра с последующим устройством поверх него дополнительного слоя утеплителя толщиной 30...40 мм из вспученного в условиях строительной площадки пенополиуретана. Это позволяет значительно сократить основную часть ремонтно-строительных работ, снизить расходы на подготовительные работы, временную защиту здания от атмосферных осадков и максимально сократить сроки производства работ при примерно одинаковой их стоимости.

Данное техническое решение внедрено в производство работ на модернизируемых объектах г. Могилева. Эксплуатация восстановленных таким образом совмещенных мягких рулонных кровель показала их эффективность и надежность технической и технологической эксплуатации. Вид на эксплуатируемую кровлю после ремонта с использованием вспученного в условиях строительной площадки пенополиуретана приведен на рис. 2.



Рис. 2. Вид на элементы кровли с покрытием из пенополиуретана

РАСЧЕТ РАСХОДА ГРУНТОВЫХ ВОД С УЧЕТОМ ВЫСОТЫ
НАСЫПИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

С. А. ПЕЛАГЕЙКИН, В. Т. ПАРАХНЕВИЧ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

На пониженных участках, которые пересекают автомобильные дороги, наблюдаются процессы заболачивания, что обусловлено не только преобладанием осадков над испарением, особенностями рельефа и плохой водопроницаемостью грунтов, но и изменением гидрологических условий (коэффициент фильтрации грунтов).

Вес насыпи дороги и транспорта увеличивает нагрузку на подстилающие слои грунтов. Происходит изменение их механических и гидравлических характеристик. Это приводит к уплотнению (уменьшению) пор, которые составляют живое сечение подземного потока. Происходит уменьшение величины расхода грунтовых вод.

Используя геометрические данные (высота насыпи) поперечного профиля автомобильной дороги, определяется увеличение давления на подстилающие грунты основания дороги.

$$P = \rho \cdot g \cdot h,$$

где ρ – плотность грунта насыпи, т/м³; g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с²; h – высота насыпи, м.

Увеличение давления приводит к изменению (уменьшению) пористости подстилающих грунтов, характеризующихся соответствующим коэффициентом. Для его определения строится экспериментальная усредненная компрессионная кривая, которую представляют в виде графической зависимости коэффициента пористости от давления (рис. 1).

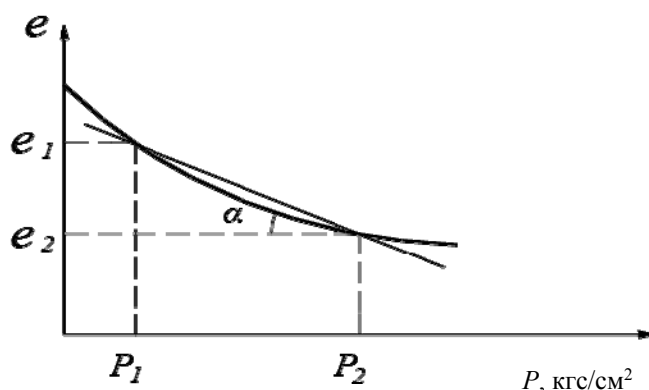


Рис. 1. Компрессионная кривая

По величине давления P , согласно компрессионной кривой, определяется коэффициент пористости e .

Зная коэффициент пористости e и тип грунта, можно определить значение коэффициента фильтрации. Для этой цели используется логарифмическая зависимость, представленная на рис. 2.

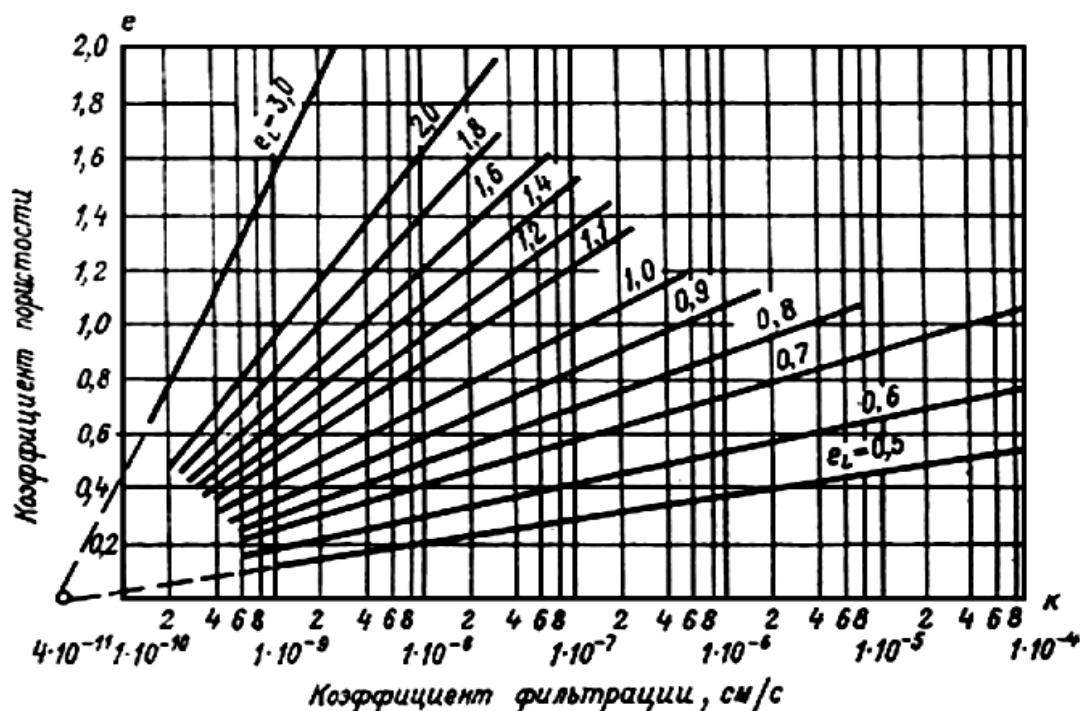


Рис. 2. Логарифмическая зависимость между коэффициентами фильтрации и пористости

Из данной зависимости следует, что наибольшей интенсивностью снижения водопроницаемости при уплотнении обладают низкопластичные супесчаные грунты, а наименьшей – тяжелые глины и разложившийся торф.

Величина расхода грунтовых вод определяется по уравнению Дарси

$$Q = k\omega i,$$

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

Уменьшение коэффициента фильтрации приводит к снижению расхода грунтовых вод. Это обуславливает их накопление (заболачивание) перед насыпью автомобильной дороги. Кроме того, увеличивается расход через водопропускное сооружение (водопропускная труба), что может привести к нежелательным последствиям (переход от безнапорного режима работы трубы к полупапорному).

УДК 655.13
О ПРОБЛЕМАХ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Т. А. ПОЛЯКОВА, Д. Н. ТКАЧЁВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Значительное количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП) связано с нарушением фактора организации движения, а именно: превышением скоростного режима, нарушением правил маневрирования, неподчинение знакам, разметке [1, 2]. Зимнее время для всех участников дорожного движения является наиболее опасным периодом из-за скользкости, метелей, сильных снегопадов, ветра и т. п.

Проблемной ситуацией на дороге является снижение (или полная потеря) информативности дорожных знаков, т. к. на них задерживается (налипает) снег, закрывая при этом информацию. Участники дорожного движения в таких условиях не могут правильно учесть ситуацию на дороге, выбрать рациональную скорость, безопасно выполнить маневр. Водители становятся заложниками сложившейся обстановки и могут нарушать ПДД не по своей вине.

Авторами предлагаются возможные простые варианты, которые помогут техническим средствам не терять информативность в сложных погодных условиях, что повысит безопасность автомобильных дорог: выполнять щиток знака выпуклым с небольшим отклонением от вертикальной плоскости, что позволит снегу скатываться с поверхности; механизированным способом периодически наносить на лицевую поверхность знака специальный материал-смазку (например, на основе парафина) для улучшения скольжения снега и предотвращения его задержания на знаке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Полякова, Т. А.** Анализ аварийности на автомобильных дорогах Могилевской области / Т. А. Полякова, П. А. Стальмаченок // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, 29–30 нояб. 2017 г. / Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева. – Кемерово, 2017. – С. 517–519.

2. **Стальмаченок, П. А.** О безопасности движения на автомобильных дорогах в Могилевской области / П. А. Стальмаченок, Т. А. Полякова // Современные направления в проектировании, строительстве, ремонте и содержании транспортных сооружений: материалы II Междунар. студенческой конф., Минск, 7–8 дек. 2017 г. / БНТУ. – Минск, 2018 – С. 163–166.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ
УТЕПЛЕНИЯ ЖИЛЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ДОМОВ

В. А. ПУМПУР

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Для создания благоприятного микроклимата в жилом доме необходимо учитывать свойства строительных материалов, применяемых как при строительстве, так и при выполнении работ по тепловой защите дома. Способы утепления жилых домов в первую очередь зависят от используемых теплоизоляционных материалов.

Различают два основных вида утепления – внутреннее и внешнее. Главный довод в пользу внешнего утепления – это возможность правильного распределения материалов по слоям для выхода внутренних паров. При выборе слоев конструкции стены необходимо учитывать простое правило – паропроницаемость материалов слоев должна увеличиваться при движении изнутри наружу.

В случае внутреннего утепления пар через правильно подобранный утеплитель проникнет легко, а через дерево наружу пробьется не всегда, потому что успеет остыть и конденсироваться. Кроме того, дерево будет напрямую контактировать с холодом, и при наступлении зимы влага будет конденсироваться на внутренней поверхности древесины, что может привести к появлению грибка и ее гниению.

При внутреннем утеплении необходимо использовать утеплитель, близкий по паропроницаемости к древесине. Кроме того, т. к. утеплитель используется внутри жилого дома, он должен максимально удовлетворять требованиям экологичности и пожарной безопасности. Наиболее выгодными для поддержания экологически чистого воздуха в комнатах являются льняное волокно и мягкая древесно-волоконистая плита. Оба утеплителя натурального происхождения, поэтому идеально подходят к структуре деревянных стен.

При использовании льняного волокна не используют пароизоляционных пленок, чтобы не нарушать естественную циркуляцию воздуха. Применение пенополистирольных материалов для внутреннего утепления стен деревянных домов не рекомендуется, т. к. они плохо пропускают влагу. Перед внутренним утеплением деревянного жилого дома необходимо правильно спроектировать прокладку электрической сети, расположение ее элементов, чтобы обеспечить пожарную безопасность жилья и, в то же время, эстетичность помещений.

Материал утеплителя для внешнего утепления оценивается по множеству показателей: пористость, плотность, теплоемкость, влажность, гигро-

скопичность, паропроницаемость, биостойкость, прочность, морозостойкость и др. Для внешнего утепления деревянного дома, в частности, подходят: волокнистые утеплители (минеральная, базальтовая и каменная вата, стекловата); экструдированный пенополистирол – пеноплекс; листовой пенопласт; вспененный полиэтилен; напыляемый пенополиуретан (НППУ); ветрозащитные плиты.

При выборе волокнистых материалов необходимо учитывать влажность региона проживания, а также применять вариант облицовки наружных стен дома по типу вентилируемого фасада. Минеральная вата из-за своей гигроскопичности может стать влажной и не способной удерживать тепло. Поэтому при ее использовании требуется паро- и гидроизоляция стен и фундамента дома.

Листовой пенопласт имеет разную плотность и толщину, плотность имеет большое значение при его выборе. Пенопласт обладает высоким уровнем звуко- и теплоизоляции, отличается простотой установки и сравнительно невысокой ценой. Но это чрезвычайно горючий материал, во время горения которого выделяется масса ядовитых веществ. Материал не эластичен, при изгибе ломается и крошится, а пустоты внутри его способны заполняться влагой. Кроме того, его могут уничтожать мыши.

Пеноплекс имеет почти тот же химический состав, что и пенопласт, но обладает более низкой теплопроводностью, более высокой прочностью на изгиб, более низким водопоглощением и малой паропроницаемостью.

Вспененный полиэтилен обладает такими достоинствами, как эластичность, легкий вес, невысокая стоимость. Бывает двух видов: высокого и низкого давления. Выпускается в виде жгута, матов, с односторонним и двухсторонним фольгированием. При применении таких материалов не требуется паро- и гидроизоляция, так как они не обладают способностью поглощать водяной пар из воздуха.

НППУ отличается от других материалов не только способом укладки, но и обладает следующими достоинствами: экологичен; не требует применения паро- и гидроизоляции; имеет очень низкую теплопроводность; наносится сплошным слоем и не требует дополнительного крепления. Поэтому НППУ – один из лучших материалов для утепления деревянного дома и его, практически, единственным недостатком является высокая стоимость не только его самого, но и работ с применением специальной техники.

Скандинавские ветрозащитные плиты производятся из фибры хвойных пород деревьев и являются полностью натуральным теплоизоляционным материалом. При их производстве не используются никаких химических связующих. Плиты экологичны, эластичны, герметичны, с хорошей тепло- и звукоизоляцией, паропроницаемостью, устойчивы к атмосферной влаге, т. к. пропитаны парафином, удобны при монтаже.

УДК 691.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧНОГО БОЯ В КАЧЕСТВЕ ЗАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ

Д. О. ПУНЦЕЛЬ, Е. Е. КОРБУТ, А. В. ПОДДУБСКИЙ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Анализ различных данных показывает, что среди многообразия видов отходов строительной отрасли значительный процент (более 60 %) составляет бой кирпича и бетона, образующийся не только в процессе строительства и сноса зданий и сооружений, но также и на самих предприятиях-изготовителях в результате производственного брака. Ежегодный прирост кирпичного и бетонного боя составляет около 25 %.

В то время как в США рециклинг строительных отходов считается прибыльным бизнесом, в Республике Беларусь ежегодно перерабатывается только 30 % от общей массы твердых строительных отходов.

Проанализировав тенденции развития строительной отрасли в XXI в., можно сделать вывод, что повсеместное строительство высотных зданий делает наиболее распространённым материалом бетон и железобетон, а снижение их себестоимости без ущерба прочностным характеристикам является одной из наиболее актуальных тем на сегодняшний день.

Механические свойства вторичных продуктов дробления кирпича различных фракций делают возможным их использование в качестве заполнителей для легкого бетона, который на сегодняшний день широко применяется в качестве теплоизоляционного и конструкционного материала.

Исходя из вида исходного материала меняются свойства кирпичного боя и, соответственно, его использование. Так, вторичный продукт, полученный из керамического кирпича, обладает высокой плотностью, морозостойкостью и долговечностью (около 300 лет). Бой силикатного кирпича имеет высокую степень водопоглощения и может быть использован в качестве утеплителя и шумоизоляции ограждающих элементов. Переработка шамотного кирпича позволяет получить заполнитель для бетона, способный выдерживать большие нагрузки и подвергаться воздействию высоких температур без ущерба несущей способности конструкции.

Заполнитель из переработанного кирпича позволит на 30...40 % сократить расходы и в 1,5...2 раза уменьшить трудозатраты на этапе обработки сырья, исключив тем самым расходы на его добычу в карьере, доставку на предприятие-изготовитель и его термическую обработку, что послужит отличной альтернативой дорогостоящему керамзиту.

УДК 621.9

УТЕПЛИТЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ПОЛИМЕРОВ И КОРДНОЙ НИТИ

Р. П. СЕМЕНЮК, А. И. ХЛИМАНЦОВ, П. А. БОРОВИЦКИЙ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Бытовые отходы полимеров превратились в серьезный источник загрязнения окружающей среды, и большинство стран разрабатывают программы по созданию эффективных процессов утилизации этих отходов. Определенный вклад в решение данного вопроса можно внести, предложив рациональный способ применения полимерных и других отходов при производстве строительных материалов.

Объектом исследования явились полимерные отходы, полученные измельчением пластиковых бутылок из-под напитков, производимые на иностранном ЧПУП «РеПлас-М». Невостребованный материал, вывозимый на свалку, представляет собой хлопья фракции от 1,5 до 4 мм с насыпной плотностью 0,2...0,35 г/см³. На данном предприятии перерабатывается около 95 % всего собираемого в Беларуси пластикового сырья, поэтому и количество отходов с каждым годом увеличивается. За вывоз на свалку полимерных отходов предприятию приходится платить ежемесячно немалую сумму.

Аналогичная ситуация складывается на Могилевском регенераторном заводе, где скапливаются отходы кордной нити после переработки автомобильных покрышек. В данный момент накопилось около 5000 т таких отходов, которые требуют утилизации. Материал представляет собой смесь отдельных тканевых волокон длиной от 10...15 мм, насыпной плотностью 0,9...1,1 г/см³.

Авторами предлагается использовать отходы полимеров и кордной нити для изготовления плитного утеплителя с использованием минеральных вяжущих веществ – гипса и цемента. Полимерные хлопья применяются в качестве мелкого заполнителя, а кордная нить – в качестве дисперсной арматуры.

Технология приготовления смеси для изготовления утеплителя предусматривает тщательное смешивание заполнителя кордной нити и вяжущего вещества. Затем полученная смесь затворяется необходимым количеством воды и еще раз перемешивается. Данная смесь укладывается в подготовленную форму, где набирает требуемую прочность.

Замена традиционных заполнителей нецелевыми продуктами переработки позволяет решить проблему ресурсосбережения, снизить стоимость получаемого материала, улучшить теплофизические и акустические свойства, утилизировать отходы и защитить окружающую среду от загрязнения.

Полученные изделия целесообразно использовать для утепления хозяйственных построек, складов и других нежилых помещений.

С. Д. СЕМЕНЮК, Ю. Н. КОТОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Расчет гравитационных подпорных стен на устойчивость против сдвига осуществляют по плоскости подошвы стены (плоский сдвиг) и по ломаным поверхностям скольжения (глубинный сдвиг) (рис. 1). На скальных грунтах устойчивость стены против сдвига обеспечивается при

$$T_{\tau}/T_{sh} \geq 1,2, \quad (1)$$

где T_{τ} – удерживающая сила, равная сумме проекций всех удерживающих сил на горизонтальную плоскость; T_{sh} – сила сдвига (сдвигающая сила), равная сумме проекций всех сдвигающих сил на ту же плоскость; 1,2 – коэффициент надежности против сдвига.

Сила сдвига T_{sh} представляет собой равнодействующую горизонтального активного давления грунта на 1 м длины стены:

$$T_{sh} = E_{ah} = 0,5(p_{ah,t} + p_{ah,b}) \cdot H, \quad (2)$$

где $p_{ah,t}$ и $p_{ah,b}$ – значения активного давления грунта на уровне дневной поверхности грунта и на уровне подошвы фундамента, которые вычисляют по формуле (1) при $y = 0$ и $y = H$ (см. рис. 1).

Удерживающую силу T_{τ} записывают в виде трехчлена:

$$T_{\tau} = N \cdot \operatorname{tg}(\varphi_1 - \beta) + B \cdot C_1 + E_{pc}, \quad (3)$$

где N – сумма действующих вертикальных сил, включая собственный вес и вес грунта, $N = \sum G_i$; G_i – собственная масса стен и грунта, который находится в пределах ширины подошвы стены ($G_1 \dots G_4$ на рис. 1); φ_1 и C_1 – угол внутреннего трения и удельное сцепление грунта при расчетах по предельным состояниям первой группы соответственно; β – угол наклона возможных плоскостей сдвига; E_{pc} – равнодействующая пассивного давления грунта, $E_{pc} = 0,5p_{ph} \cdot H_1$; B – ширина подошвы стены.

Устойчивость подпорных стен, имеющих горизонтальную подошву, против сдвига вычисляют по трем значениям угла β ($\beta = 0$ (сдвиг по по-

дошве стены); $\beta_2 = 0,5\varphi_1$, $\beta_3 = \varphi_1$ (глубинный сдвиг по ломаным поверхностям скольжения)).

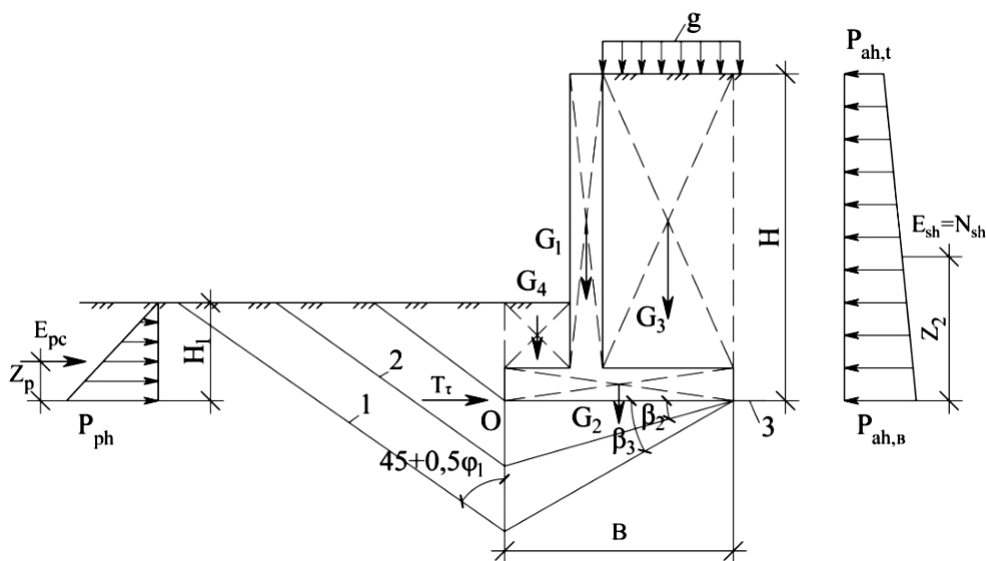


Рис. 1. К расчету подпорных стен (на устойчивость против сдвига и устойчивость против опрокидывания): 1, 2, 3 – возможные плоскости сдвига при $\beta_1 = 0$, $\beta_2 = 0,5\varphi_1$, $\beta_3 = \varphi_1$ соответственно

Устойчивость стены против опрокидывания проверяют из условия

$$M_n / M_v \geq 1,5, \quad (4)$$

где M_n – удерживающий момент, гарантируемый вертикальными нагрузками относительно точки O, $M_n = \sum G_i \cdot x_i$; M_v – опрокидывающий момент от воздействия давления грунта относительно переднего края подошвы стены (точка O на рис. 1), $M_v = E_{ah} \cdot Z_a - E_{pc} \cdot Z_p$, где Z_p – плечо приложения равнодействующей пассивного давления грунта относительно точки O, $Z_p = H_1/3$; Z_a – плечо приложения равнодействующей активного давления грунта относительно точки O, которое можно вычислить по формуле

$$Z_a = H(2p_{ah,t} + p_{ah,b}) / [3(p_{ah,t} + p_{ah,b})]. \quad (5)$$

Если условия (1) и (4) не выполняются, необходимо увеличить ширину фундаментной плиты (размер B) и расчет повторить.

УДК 691.32-033.33
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ

С. Д. СЕМЕНЮК, И. В. МОРОЗОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Легкие бетоны на основе различных заполнителей широко применяются в промышленном и гражданском строительстве. Выгода от использования такого вида бетонов очевидна: керамзитобетонные конструкции, например, благодаря своей низкой плотности позволяют улучшить теплотехнические и акустические свойства, а также в некоторой степени снижают массу зданий. Поэтому количество производимых в Республике Беларусь и в мире легких бетонов постоянно растет. В 2002 г. общемировой объем производства бетона составил 6,5 млрд т, а в 2009 г. (по некоторым данным, в 2008 г.) эта цифра была уже 10 млрд т. Согласно работе ученых Мехта и П. Дж. М. Монтейро (Нью-Йорк, США), к 2050 г. объем ежегодно производимого бетона увеличится до 18 млрд т. М. А. Номели и А. Риаз в своей работе от 2015 г. показали уравнение, по которому можно рассчитать количество углекислого газа, выделяемого при изготовлении 1 м³ бетона. Итак, при производстве 1 м³ бетона из 300 кг портландцемента, 890 кг песка, 970 кг гравия и 150 кг воды выбросы диоксида углерода составят невероятные 287 кг. Разумеется, стоит учитывать, что при затвердевании бетона цемент потребляет около 43 % от всей массы этого газа, однако выбросы все равно получаются колоссальными. Ввиду постоянного роста производства бетона, данный процесс будет все более пагубно сказываться на экологической обстановке в районах его производства. В связи с этим есть определенная мотивация для изучения возможности применения таких компонентов при производстве бетона, которые позволят снизить потребление воды и выделение углекислого газа.

Для того чтобы разобраться с данным вопросом, были изучены несколько работ на эту тему. Были приняты работы наших соотечественников (С. Д. Семенюк, М. В. Фильченко), а также работы польских и американских авторов (П. Томаш, Д. Михалок, Марцин Годзеж).

Источником выделения CO² в данном случае является сам цемент, поэтому, если заменить его другим веществом, можно будет добиться снижения выделения CO² в атмосферу. Однако встает вопрос: чем можно заменить цемент? Кроме того, также можно заменить заполнитель на какой-либо вид отходов производства.

На сегодняшний день отечественные и иностранные специалисты предлагают молотый гранулированный доменный шлак, летучую золу, осадок сточных вод (грязь в муниципальных очистных сооружениях).

Самым большим вопросом в данном случае является то, насколько прочным будет бетон, если заменить часть цемента на вышеуказанные компоненты, и какое процентное содержание будет оптимальным.

В рамках работы были изучены методы испытаний зарубежных коллег. Несмотря на то, что сами методы нестандартны, сам процесс и методика исследования таковы: заполнители смешивались в моторно-барабанной мешалке вместимостью 0,2 м³, затем были перемешаны в миксере с цементом, летучей золой и известью в течение 2 мин. Потом добавляли воду и продолжали перемешивание в течение 2 мин. Далее были проведены тесты с использованием метода усадки конуса. После приготовления смеси были отлиты кубы с размерами сторон 100 мм, цилиндры диаметром 100 мм и высотой 200 мм, призмы размерами 100 × 100 × 500 мм и 100 × 100 × 300 мм. Образцы были уплотнены с помощью вибростола.

Для оценки прочности бетона на сжатие и качества образцов в целом использовался ультразвуковой импульсный метод. Тесты проводились на 1, 3, 7, 28, 56 и 90 суток. Температура в лаборатории составляла 29 ± 3 градуса по шкале Цельсия и относительной влажности 67...82.

Сравним образцы, изготовленные с использованием указанных элементов, с образцами, изготовленными и испытанными такими же методами, но не включающими в свой состав продукты промышленных отходов.

Итоговые образцы, в которых цемент был заменен отходами (летучая зола, автомобильное стекло и осадки сточных вод) до 40 % от массовой доли с уменьшением количества использованной воды на 10 %, получились легче на 25...40 %. Прочность была одинаковой с 7 по 56 суток, однако далее они показали увеличение прочности до 12 %.

В качестве вывода стоит сказать, что в нынешнее время, когда на выделение углекислого газа на производстве постепенно налагаются ограничения и квоты, а утилизация отходов контролируется и стоит денег, предприятиям следует как можно шире использовать отходы для производства бетона, ведь этим можно достичь не только снижения вредных выбросов, но и увеличения прочностных характеристик, теплотехнических и акустических свойств бетона.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ ИЗГИБА
ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПЛИТЫ С ТРЕЩИНАМИ

С. Д. СЕМЕНЮК, Р. В. КУМАШОВ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

До появления трещин железобетонные конструкции могут рассчитываться как изотропные линейно-упругие либо нелинейно-упругие. После образования трещин жесткость плиты становится переменной величиной и зависит от координат рассматриваемой точки.

Положим, что после образования трещин бетон плиты в отношении своих упругих свойств обладает тремя осями симметрии, т.е. является ортотропным материалом. Если эти плоскости симметрии принять в качестве координатных плоскостей, то соотношения между компонентами напряжений и деформаций для случая плоского распределения в плоскости XU можно записать в следующем виде:

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix} = [A] \cdot \begin{bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Здесь

$$[A] = \begin{bmatrix} \frac{1}{E_{cm}} & \frac{\nu}{E_{cm}} & 0 \\ \frac{\nu}{E_{cm}} & \frac{1}{E_{cm}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{2 \cdot (1 + \nu)}{E_{cm}} \end{bmatrix}; \quad [B] = \frac{[A]^{-1}}{E_{cm}} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{\nu^2 - 1} & \frac{\nu}{\nu^2 - 1} & 0 \\ \frac{\nu}{\nu^2 - 1} & -\frac{1}{\nu^2 - 1} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{2 \cdot (1 + \nu)} \end{bmatrix},$$

где E_{cm} – модуль деформации бетона; ν – коэффициент Пуассона.

Исследуя изгиб железобетонной плиты с трещинами, предполагаем, что перпендикулярные в срединной плоскости плиты линейные элементы остаются прямыми и нормальными к изогнутой поверхности плиты после ее деформирования [1]. На основании этого можно записать следующие выражения для компонентов деформации:

$$\varepsilon_x = -z \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}; \quad \varepsilon_y = -z \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}; \quad \gamma_{xy} = -2 \cdot z \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}. \quad (2)$$

Соответствующие компоненты напряжений найдутся из уравнения

$$\begin{bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{bmatrix} = -z \cdot Ecm \cdot [B] \cdot \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \\ \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \\ 2 \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Тогда для определения моментов, возникающих в сечении плиты, можно записать следующее:

$$\begin{aligned} M_x &= \int_{-z_0}^{h-z_0} \sigma_x z dz = - \left(D11 \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + D12 \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right); \\ M_y &= \int_{-z_0}^{h-z_0} \sigma_y z dz = - \left(D21 \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + D22 \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right); \\ M_{xy} &= \int_{-z_0}^{h-z_0} \tau_{xy} z dz = -2 \cdot D33 \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}. \end{aligned} \quad (4)$$

Здесь

$$\begin{aligned} D11 &= \int_{-z_0}^{h-z_0} E \cdot B_{11} \cdot z^2 dz; & D12 &= \int_{-z_0}^{h-z_0} E \cdot B_{12} \cdot z^2 dz; \\ D22 &= \int_{-z_0}^{h-z_0} E \cdot B_{22} \cdot z^2 dz; & D21 &= \int_{-z_0}^{h-z_0} E \cdot B_{21} \cdot z^2 dz; \\ D33 &= \int_{-z_0}^{h-z_0} E \cdot B_{33} \cdot z^2 dz, \end{aligned}$$

где $D11, D12, D21, D22, D33$ – жесткости плиты; h – высота плиты; z_0 – координата срединной поверхности плиты.

Дифференциальное уравнение изгиба плиты записывается в виде

$$\frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M_y}{\partial y^2} - 2 \cdot \frac{\partial^2 M_{xy}}{\partial x \partial y} = -q. \quad (5)$$

Тогда с учетом выражения (4) окончательно получаем дифференциальное уравнение изгиба железобетонной плиты с трещинами

$$\begin{aligned} & D11 \cdot \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + D22 \cdot \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + [D12 + D21 - 4D33] \cdot \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + 2 \cdot \frac{\partial D11}{\partial x} \cdot \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} + \\ & + 2 \cdot \frac{\partial D22}{\partial y} \cdot \frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + \left[2 \cdot \frac{\partial D12}{\partial x} - 4 \cdot \frac{\partial D33}{\partial x} \right] \cdot \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2} + \left[2 \cdot \frac{\partial D21}{\partial y} - 4 \cdot \frac{\partial D33}{\partial y} \right] \cdot \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} + \\ & + \left[\frac{\partial^2 D11}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 D21}{\partial y^2} \right] \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \left[\frac{\partial^2 D22}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 D12}{\partial x^2} \right] \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} - 4 \cdot \frac{\partial^2 D33}{\partial x \partial y} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} = -q. \end{aligned}$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимошенко, С. П. Пластинки и оболочки / С. П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. – Москва: Физ.-мат. изд-во, 1963. – 536 с.

ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАЩИТЫ ОТКОСОВ
ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА

А. М. СЕРГЕЕВА, Д. Н. ТКАЧЁВ, А. А. МОРГУНОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Неотъемлемой частью автомобильных дорог являются такие инженерные сооружения, как водопропускные трубы, мосты, эстакады, путепроводы, тоннели. Как было отмечено в [1], их совместная работа с дорожным полотном призвана обеспечить бесперебойное и безопасное движение автомобильного транспорта и пешеходов.

Участки дорожного полотна на подходах к инженерным сооружениям имеют ряд особенностей: большая высота насыпей; изменение заложения в пределах одного откоса; воздействие не только атмосферных осадков, но и течения воды. На этапе проектирования большое внимание уделяют обеспечению устойчивости земляного полотна подходных насыпей, которая зависит от прочности грунтов, применяемых для ее возведения.

Практика эксплуатации автомобильных дорог показывает, что в тех случаях, когда вопросам обеспечения устойчивости откосов и их защите от размыва не уделяется должного внимания, возникают деформации земляного полотна и откосозащитных сооружений, на устранение которых требуются немалые затраты. Из этого следует, что защитные покрытия для укрепления откосов и подошвы насыпей должны соответствовать определенным требованиям, т. е. иметь такую конструкцию, чтобы быть устойчивыми, долговечными и экономичными при строительстве и эксплуатации.

Выбирая тип укрепления откосов, учитывают высоту насыпи и ее крутизну (заложение откосов), уровень подтопляемости в пределах пойменных участков, скорости водного потока, уровень и интенсивность ледохода. В зависимости от вида воздействий на откос в соответствии с [2], укрепления делят на две группы:

1) защитные (изолирующие), предназначенные для защиты (изоляции) верхнего слоя откосов от температурной, ветровой и водной эрозии;

2) несущие, предназначенные компенсировать сдвигающие усилия в верхних конструктивных грунтовых слоях откосов при переувлажнении, а также силовые воздействия от паводковых и поверхностных вод при подтоплении.

Проанализировав все нагрузки, действующие на откос, выбирают тип укрепления в виде: засева многолетних трав; посадки деревьев и кустарников; укладки сборных железобетонных элементов в виде сплошных или решетчатых блоков-плит; наброски каменных материалов; монолитного железобетона; геосинтетических изделий.

Но, несмотря на меры, принятые для защиты дорожных откосов, интенсивные дожди, ветры большой силы становятся причинами, вызывающими процессы эрозии, разрушающие созданные объекты. Например, после серии дождей большой интенсивности летом 2018 г. в г. Могилеве были разрушены откосы конусов подходов насыпей у моста через р. Дубровенка. Проблема размыва откосов актуальна не только для Могилевской области, но и для Беларуси в целом.

Немаловажной особенностью укреплений является то, что одни материалы (бетон, камень) могут выполнять свои защитные функции сразу после устройства, а другие (засев трав, посадка кустарника) – только после определенного периода. Укрепив откосы высоких насыпей засевом трав, возникает опасность их размыва в период стабилизации укреплений. Период стабилизации составляет от трех до семи недель и связан с прорастанием семян трав, образованием развитой корневой системы, способной противостоять воздействиям атмосферных осадков.

Одним из вариантов защиты откосов насыпей от размыва на период стабилизации являются заборы из плетня высотой 0,1 м от поверхности грунта, установленные вдоль откоса параллельно друг другу на расстоянии от 0,4 до 0,6 м. Они сыграют роль рассекателя для водного потока, снизив его скорость. Изготовить забор можно из ивовых прутьев или пластика. После образования на откосе развитой корневой системы заборы демонтируют для повторного применения.

Таким образом, предлагаемая конструкция позволит: защитить откосы высоких подходов насыпей от размывов сразу после посева трав; исключить необходимость ремонтных работ по восстановлению размывов; утилизировать ивовые прутья, остающиеся после очистки придорожной полосы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Парахневич В. Т.** Об основных дефектах элементов водопропускных труб / В. Т. Парахневич, А. М. Сергеева, Д. С. Илюкович // Проблемы инновационного биосферно-совместного социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 55-летию строительного факультета и 85-летию БГИТУ, Брянск, 1–2 дек. 2015 г. / БГИТУ. – Брянск, 2015. – С. 223–227.

2. Автомобильные дороги. Земляное полотно. Правила проектирования : ТКП 200-2018 (33200). – Введ. 28.04.18 (с отменой на территории РБ ТКП 200-2009 (02191)). – Минск : БелдорНИИ, 2018. – 189 с.

УДК 625.72
ИСКУССТВЕННЫЕ ДОРОЖНЫЕ НЕРОВНОСТИ И ИХ ВЛИЯНИЕ
НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

А. М. СЕРГЕЕВА, В. Н. ФЁДОРОВ, В. В. ШАПОВАЛОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В ряду источников загрязнения атмосферного воздуха автомобильный транспорт занимает первые позиции. Поэтому, разрабатывая проект автомобильной дороги, очень важно принимать решения, которые смогут предотвратить не только негативные последствия, указанные в [1], но и позволят обеспечить безопасность дорожного движения с точки зрения учета уровня выбросов вредных веществ в атмосферу.

Минимальный объем выбросов выхлопных газов происходит при равномерном движении автомобиля, следовательно, чтобы уменьшить наносимый вред окружающей среде, нужно предусматривать как можно меньшее количество обязательных разгонов и торможений. Но по требованиям [2], для обеспечения безопасности движения в городе необходимо устраивать искусственную дорожную неровность – «лежачий полицейский». Искусственная неровность – конструкция, устраиваемая в виде возвышения на проезжей части дороги с целью принудительного снижения скорости движения транспортных средств.

По данным [3], в ходе исследований, проводимых сотрудниками британской компании Millbrook Proving Ground с целью определения негативного влияния искусственных неровностей на экологию, было установлено, что при движении автомобиля по дорогам с искусственными дорожными неровностями расход топлива увеличивается с пяти литров на сто километров до девяти литров на сто километров.

Вместе с увеличением расхода топлива столь же значительно растут и выбросы вредных веществ в атмосферу. Выбросы угарного газа возрастают на 82 %, а оксидов азота – на 37 %. Таким образом, современные двигатели достигают максимальной эффективности при высоких скоростях, следовательно, в целях улучшения экологической ситуации разумно повышать нижний предел ограничения скорости. Но в то же время увеличение допустимой скорости отрицательно скажется на общей безопасности дорожного движения. Поэтому на наиболее опасных участках необходимо более жесткое ограничение скоростного режима. По подсчетам ученых, снижение скорости с 50 до 30 км/ч увеличит выбросы всего на 10 %.

Не следует оставлять без внимания и тот немаловажный факт, что искусственные дорожные неровности значительно снижают скорость автомобилей экстренных служб.

В свою очередь физиологи предъявляют следующие претензии:

- дополнительное загрязнение воздуха увеличивает риск онкологических, сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний;
- водитель, многократно преодолевающий искусственные препятствия, вынужден сначала снижать скорость, а затем разгоняться вновь, что требует волевых усилий по сосредоточению и концентрации.

При неблагоприятных погодных условиях на дорожных неровностях возникает и дополнительная травмоопасность из-за часто происходящих аварий связанных с увеличением тормозного пути.

Получается, что вместо того, чтобы улучшить дорожную ситуацию и повысить безопасность движения, «лежачий полицейский» приводит к обратным последствиям, вдобавок ухудшая экологическую обстановку. Да и с материальной точки зрения это сооружение требует дополнительных затрат, связанных с увеличением расхода топлива и смазочных материалов.

Но что же делать с искусственными дорожными неровностями в местах с уже устоявшейся застройкой? Здесь возможно увеличивать количество дорожных знаков, предупреждающих о необходимости снизить скорость на подъездах к учебным и дошкольным заведениям. Применять так называемые «подушки скорости», которые занимают только часть дороги, вытянуты вдоль нее и не требуют резкого торможения при проезде через них.

Таким образом нужно стремиться к тому, чтобы на городских дорогах в Беларуси шире применялись не «лежачие полицейские», а более экологичные альтернативные мероприятия и сооружения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Сергеева, А. М.** Альтернативный способ борьбы с гололедицей на пешеходных дорожках / А. М. Сергеева, А. Н. Фроленков, К. А. Кудлаев // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 26–27 апр. 2018 г. / Белорус.-Рос. ун-т; редкол.: И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев, 2018. – С. 332.
2. Технические средства организации дорожного движения. Искусственные неровности. Общие технические условия: СТБ 1538–2013. – Введ. 27.11.13 (с отменой на территории РБ СТБ 1538–2005). – Минск: М-во архитектуры и строительства РБ, 2013. – 11 с.
3. Autoblog: New cars, used cars for sale, car reviews and news [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.autoblog.com/2008/01/27/speed-bumps-are-bad-for-the-planet>. – Дата доступа: 25.11.2018.

УДК 711.4

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЗОНИРОВАНИЯ ГОРОДСКИХ ПАРКОВ

Р. В. СИЛИН

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В. Ф. КАСЬЯНОВ

Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет
Москва, Россия

Современное состояние городских многофункциональных парков как в России, так и в Беларуси характеризуется целым рядом проблем, одной из которых является неоптимальное функциональное зонирование территории. Стихийное, часто коммерческое, развитие этих объектов негативно повлияло на планировку и, как следствие, на функциональность парков. На сегодняшний день не существует признанной методики зонирования архитектурно-ландшафтных объектов, что обусловлено наличием группы эстетических факторов, влияющих на процесс архитектурного проектирования. Для решения этой проблемы предлагается разделить все принимаемые во внимание при зонировании факторы на неформализуемые (эстетические) и поддающиеся формализации (определяющие функциональность объекта). К последним предлагается отнести санитарно-гигиенические, геоморфологические, эргономические факторы. Подобный подход позволяет построить систему критериев для оценки качества функционального зонирования территории парков. При этом для каждой функциональной зоны определяется свой набор эколого-эргономических критериев (факторов). Оценка влияния каждого фактора на территорию парка производится путём составления картограммы влияния, для чего используются доступные on-line в ГИС спутниковые снимки высокого разрешения. Поле каждого такого снимка делится на квадраты размером 20×20 м, каждому из которых присваивается свой балл, указывающий на уровень влияния соответствующего фактора на конкретный квадрат. Очевидно, каждая из таких картограмм представляет собой двумерный массив (матрицу). Над полученными матрицами можно совершать математические операции суммирования и вычитания в соответствии с набором критериев, определённым для каждой из функциональных зон парка.

Подобная методика функционального зонирования позволит получать картограммы благоприятности территории парка их преимущественному функциональному использованию по эколого-эргономическим критериям и в значительной степени формализовать процесс принятия решений при архитектурном проектировании ландшафтно-рекреационных объектов, прежде всего, городских многофункциональных парков.

УДК 539.3
 НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ШАРНИРНОГО УЗЛА ОПИРАНИЯ
 БАЛОЧНОЙ ПЛИТЫ ПРИ РАЗЛИЧНОМ ПОКАЗАТЕЛЕ ГИБКОСТИ

П. Д. СКАЧЁК

Белорусский национальный технический университет
 Минск, Беларусь

Исследуется напряженное состояние узла опирания шарнирно-опертой балочной плиты в составе перекрытия. Опора плиты моделируется упругой четвертьплоскостью. Поставленная задача рассматривается в условиях плоской деформации, при расчете из всего перекрытия выделяется полоса шириной 1 м. Принимаются следующие предпосылки:

- для плиты справедливы гипотезы изгиба;
- в контактной зоне не учитываются касательные напряжения;
- связи между плитой и четвертьплоскостью принимаются односторонними.

Поставленная задача решается методом Б. Н. Жемочкина [1, 2]. Принимается, что контакт между плитой и упругой четвертьплоскостью осуществляется только в отдельных точках через жесткие односторонние связи (связи Б. Н. Жемочкина), находящиеся в серединах прямолинейных участков ступенчатой эпюры реактивных давлений. Усилия, возникающие в указанных связях, есть равнодействующая давления, приходящегося на этот участок (участок Б. Н. Жемочкина), и расчетная схема представляет из себя статически неопределимую балочную плиту на податливых опорах [1] (рис. 1).

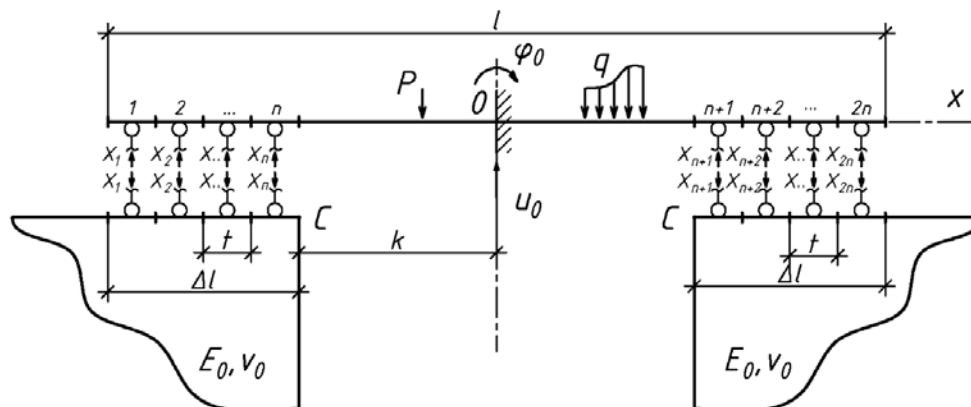


Рис. 1. Расчетная схема рассчитываемой балочной плиты

Получившаяся статически неопределимая плита решается смешанным методом строительной механики. В середине плиты вводится защемление, а усилия в стержнях заменяются неизвестными усилиями. За основные неизвестные принимаются усилия в связях Б. Н. Жемочкина и перемещения (линейное и угловое) во введенном защемлении (см. рис. 1). Далее составляется система канонических уравнений смешанного метода, матричная

форма которой следующая:

$$A\vec{x} + \vec{\Delta}_P = 0, \quad (1)$$

где A – матрица системы линейных алгебраических уравнений; $\vec{x}$ – вектор неизвестных; $\vec{\Delta}_P$ – вектор-столбец свободных членов.

Элементы матрицы A – коэффициенты при неизвестных метода Жемочкина. Коэффициенты при неизвестных усилиях x_i определяются по формуле

$$\delta_{ij} = \xi W_{ij} + V_{ij}, \quad (2)$$

где W_{ij} – перемещение точки i плиты от действия единичной силы, приложенной в точке j плиты, определяется методами строительной механики; V_{ij} – перемещение точки i границы упругой четвертьплоскости от действия единичной силы, приложенной в точке j четвертьплоскости, определяется выражением, полученным в работах Дмитриевой [3, 4]; ξ – показатель гибкости [2]

$$\xi = \frac{\pi E_0 b l^3}{12 E_b I_b} \cdot \frac{1 - \nu_b^2}{1 - \nu_0^2}, \quad (3)$$

где E_0 , ν_0 – модуль упругости и коэффициент Пуассона упругой четверть-плоскости; E_b , ν_b – модуль упругости и коэффициент Пуассона плиты; l – длина балки; b – ширина выделенной полосы.

Результатом решения системы (1) является вектор неизвестных, среди компонент которого будут и усилия растяжения в связях Жемочкина. Поскольку связи работают только на сжатие, то организуется итерационный процесс, задача которого – получение положительных компонент вектора неизвестных усилий в связях Жемочкина.

Получено численное решение при конкретных упругих постоянных для плиты и основания, а также при различных показателях гибкости ξ .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Жемочкин, Б. Н.** Практические методы расчета фундаментных балок и плит на упругом основании / Б. Н. Жемочкин, А. П. Сеницын. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Гос. изд-во лит. по стр-ву, архитектуре и строит. материалам, 1962. – 240 с.
2. **Горбунов-Посадов, М. И.** Расчет конструкций на упругом основании / М. И. Горбунов-Посадов, Т. А. Маликова, В. И. Соломин. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Стройиздат, 1984. – 679 с.
3. **Дмитриева, К. В.** Расчет нелинейно-упругой гибкой стенки в упругом основании: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.17 / К. В. Дмитриева. – Минск, 2017. – 26 л.
4. **Дмитриева, К. В.** Контактная задача для штампа на упругом клине со свободными гранями / К. В. Дмитриева // Вестн. БНТУ. – 2010. – № 4. – С. 24–29.

УДК 656.11
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ПЕРЕКРЕСТКЕ
УЛИЦЫ НИКОЛАЯ ОСТРОВСКОГО И ПУШКИНСКОГО ПРОСПЕКТА

Н. В. СУХОВАРОВА, Е. В. ЗАРОВЧАТСКАЯ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Одним из методов, позволяющим без существенных затрат повысить эффективность передвижения транспорта, является применение имитационного моделирования. При помощи имитационных моделей можно условно создавать поведение системы в конкретных условиях, используя статистические и расчетные данные [1–3].

AnyLogic – одна из наиболее эффективных, удобных и многофункциональных программ для создания имитационных моделей, реалистичных и гибких в настройках. Позволяет разработать анимацию и интерактивный графический интерфейс модели. Использование имитационных моделей имеет ряд преимуществ: невысокая стоимость, универсальность применения, неограниченное количество повторений, возможность ускорения и замедления времени, высокая точность, визуальное представление процесса, возможность решения задач, сложных процессов и систем при организации дорожного движения и т. д.

Для моделирования был взят перекресток улицы Николая Островского и Пушкинского проспекта. На исследуемом перекрестке в часы пик затруднен проезд, регулярно образуются пробки и проезд занимает относительно много времени, наблюдается высокая интенсивность движения как транспорта, так и пешеходов. Во время перехода через перекресток пешеходы сокращают путь по диагонали и в большинстве случаев не успевают закончить переход до красного сигнала светофора, как результат – движение машин начинается во время нахождения пешеходов на проезжей части, что создает дополнительные помехи движению транспорта и предпосылки для ДТП с участием пешеходов, то есть потенциально опасная ситуация как для водителей, так и для пешеходов.

Для моделирования транспортных потоков на перекрестке было принято по умолчанию соблюдение скоростного режима до 60 км/ч, максимальное ускорение 1,8 м/с, максимальное торможение 4,2 м/с, длина всех автомобилей принята 5 м, желтый сигнал светофора принимается как запрещающий и движение начинается на зеленый сигнал, автоматически соблюдается дистанция между авто и движение осуществляется согласно правилам дорожного движения.

При помощи различных цветов в модели задано отображение скорости на различных промежутках дороги. Так, скорость менее 10 км/ч отоб-

ражена красным цветом и зеленым, если возможна скорость более 60 км/ч. Уже на этом этапе можно судить о загруженности перекрестка.

Расчетная пропускная способность перекрестка по результатам работы модели составила 1562 автомобиля в час, что значительно ниже средней фактической пропускной способности, которая по данным хронометража составила 2275 автомобилей. Разница в пропускной способности – 713 автомобилей в час, что на 35 % превышает расчётную пропускную способность и свидетельствует о перегрузке перекрестка.

Из наблюдений хронометража и сравнения полученных данных можем сделать выводы об увеличенной пропускной способности перекрестка за счет несоблюдения мер безопасности и мелких нарушений правил дорожного движения (движение на желтый сигнал светофора, несоблюдение безопасной дистанции, резкое ускорение и выезд на перекресток в момент загорания красного сигнала светофора), что подтверждается практическим наблюдением за перекрестком. Проведя сравнительный анализ полученных данных, можем сделать вывод о необходимости увеличения пропускной способности перекрестка путем устройства пешеходного перехода в разных уровнях.

Таким образом, укрупненная модель наиболее загруженного перекрестка позволяет оптимизировать транспортные потоки на аналогичных перекрестках, задавая интенсивность движения, а также определять наиболее рациональные фазы работы светофора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Сухова́рова, Н. В.** Применение имитационного моделирования для организации дорожного движения / Н. В. Сухова́рова, В. В. Ку́тузов // Инновации в строительстве и эксплуатации дорожно-строительного комплекса: материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 22–23 нояб. 2017 г. / БНТУ. – Минск, 2017. – С. 88–89.

2. **Ку́тузов, В. В.** Моделирование транспортного потока с данными, поступающими в режиме реального времени / В. В. Ку́тузов, Н. В. Сухова́рова // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых, Могилев, 25–26 окт. 2018 г. / Белорус.-Рос. ун-т. – Могилев, 2018. – С. 137.

3. Повышение безопасности движения при использовании технологии Сларри Сил / Н. В. Сухова́рова, В. В. Ку́тузов, Т. А. Полякова, К. А. Кузьменков // Магистратура – автотранспортной отрасли: материалы II Всерос. межвуз. конф. «Магистерские слушания», Санкт-Петербург, 26–27 окт. 2017 г.: в 2 ч. / СПбГАСУ. – Санкт-Петербург, 2017. – Ч. 1. – С. 75–79.

УДК 625.711.1:504

ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ШУМА ПРИДОРОЖНОЙ ГОРОДСКОЙ ПОЛОСЫ

Е. А. ШАРОЙКИНА, Т. С. САМОЛЫГО

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

На сегодняшний день автомобиль является необходимым и вполне доступным средством передвижения для многих жителей. Количество автотранспортных средств на душу населения постоянно увеличивается. Так, в 2018 г. количество машин на тысячу могилевчан приходится более 300 штук. По статистике, каждая семья имеет одну и более машины. Из-за невозможности увеличения пропускной способности существующих дорог в городе появляются проблемы с движением транспорта и повышается их плотность. Вследствие этого транспортные потоки становятся плотнее, что приводит к значительному увеличению уровня шума. В настоящее время уровень шума на улицах города превышает допустимые пределы – это особенно выразительно наблюдается в часы пик (с 17.30 до 19.00), достигая 90...95 дБА у бровки земляного полотна. Поэтому исследования уровня шума, методов и способов защиты от него стали особенно актуальны.

Измерения транспортного шума в часы пик на улицах г. Могилева с наиболее плотным транспортным потоком движения осуществлялись шумомером Testo 815 и представлены в табл. 1.

Табл. 1. Среднее значение уровня шума на улицах Могилева

Название улицы или проспекта	Значения измерений, дБА
Проспект Мира	76...86
Пушкинский проспект	75...87
Ул. Пионерская	81...88
Ул. Королева	81...82
Ул. Фатина	83...90

Также были произведены замеры уровня шума на улицах с менее плотным движением транспортных средств: ул. 30 лет Победы, ул. Королева, ул. Гришина, шумовой фон на участках данных улиц отличается на 5...15 %.

Проведенный социологический опрос жителей Могилева на улицах, указанных в табл. 1, показал, что 68 респондентов из 100 выразили недовольство негативным воздействием транспортного шума.

Согласно Постановлению Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 16.11.2011 г. № 115 (приложение 2 п. 9) на территории, непосредственно прилегающей к жилым домам, уровень эквивалентного по энергии звука непостоянного шума в дневное время не должен превышать 55 дБА, а максимальный уровень звука – 70 дБА [1, 2].

По результатам исследований видно, что по всем улицам, на которых осуществлялись измерения шума в г. Могилеве, наблюдается превышение его нормативного уровня.

В данной ситуации возможны следующие рекомендации по снижению шума:

- применение шумозащитных окон;
- остекление балконов и лоджий;
- высадка вдоль проезжей части зеленых насаждений;
- установка при возможности шумозащитных экранов.

Увязать физическое пространство города с его социальным и гигиеническим состоянием является одной из главных задач на современном этапе развития городов и возрастающего количества транспортных средств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»: утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 16.11.2011 г. – Минск: Респ. центр гигиены, эпидемиологии и обществ. здоровья, 2011. – 15 с.

2. **Осипов, Г. Л.** Защита от шума в градостроительстве / Г. Л. Осипов, В. Е. Коробков, А. А. Климухин; под ред. Г. Л. Осипова. – Москва: Стройиздат, 1993. – 96 с.

УДК 534.86
ФОКУСИРУЮЩИЙ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ
НА ОСНОВЕ КОЛЬЦЕВЫХ РЕШЕТОК

А. А. АФАНАСЬЕВ, В. И. БОРИСОВ, Н. И. КАЗАЧЕНКО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Акустические пьезопреобразователи в виде фазированных решеток находят все более широкое применение в акустическом неразрушающем контроле материалов и технических изделий благодаря возможности управления акустическим полем излучения и приема. Для повышения чувствительности и избирательности акустического контроля используется фокусировка акустических волн.

В предлагаемой работе представляются расчетные результаты исследования особенностей акустического поля излучения фокусирующих пьезопреобразователей, состоящих из набора кольцевых пьезоэлементов, работающих на частоте 5 МГц, нагруженных на воду.

Схема пьезопреобразователя приведена на рис. 1.

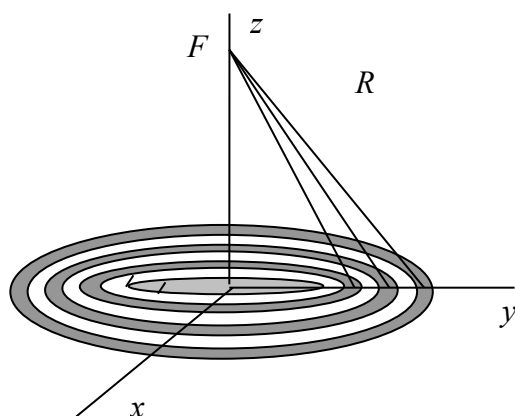


Рис. 1. Схема кольцевой фокусирующей фазированной решетки

Отличительной особенностью рассматриваемого пьезопреобразователя является то, что он рассчитывается для фокусировки на определенное фокусное расстояние, для чего кольцевые пьезоэлементы располагаются на таких расстояниях R от фокальной точки F , при которых акустические волны от каждого кольцевого пьезоэлемента приходят в фокальную точку F , расположенную на акустической оси пьезопреобразователя, в одинаковой фазе. Это соответствует тому, что каждый кольцевой пьезоэлемент представляет собой акустический аналог зоны Френеля в оптике.

В работе рассмотрены два типа пьезопреобразователей. Один из них представляет собой 17-элементную кольцевую фазовую решетку, у кото-

рой все кольцевые элементы имеют разную площадь и одинаковую ширину 0,15 мм, что соответствует половине длины акустической волны в воде. Второй тип пьезопреобразователя представляет собой 17-элементную кольцевую фазовую решетку, у которой все кольцевые элементы имеют равную площадь и разную ширину.

Расчет акустического поля излучения проводился на основании методики, изложенной в [1].

На рис. 2 приведены зависимости величины давления акустических волн P вдоль оси z для двух кольцевых пьезопреобразователей, рассчитанных для фокусного расстояния 100 мм.

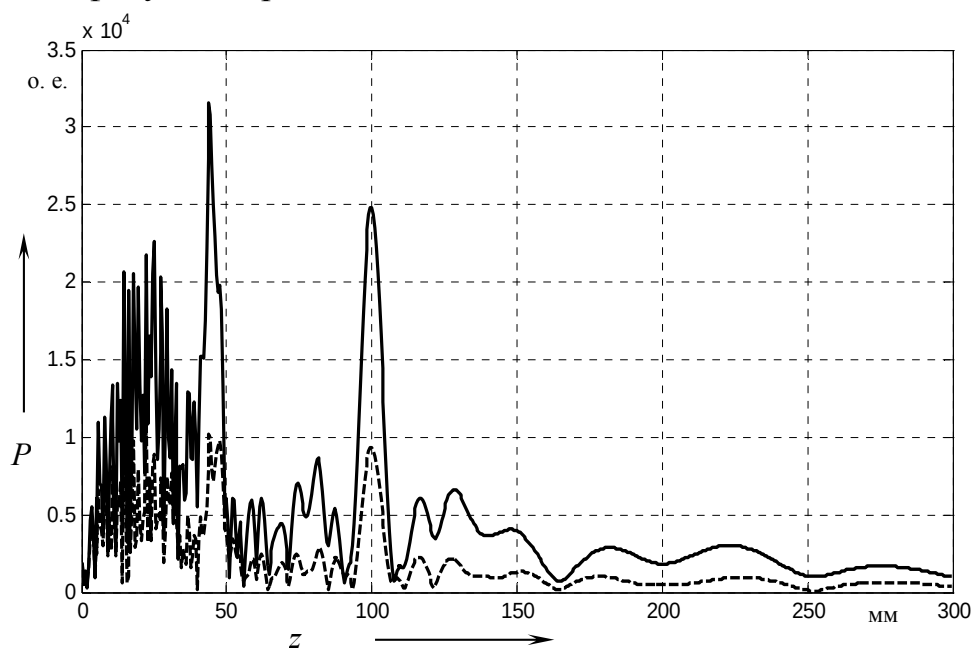


Рис. 2. Зависимость акустического давления вдоль оси пьезоэлектрической 17-элементной круговой решетки с фокусным расстоянием 100 мм: ———— — решетка с кольцами одинаковой ширины; - - - - - — решетка с кольцами одинаковой площади

Из приведенного рисунка видно, что для обоих преобразователей наблюдается фокусировка акустических волн не только в рассчитанной фокальной точке, но и в ближней зоне на расстоянии, примерно в два раза меньшем фокусного расстояния.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Борисов, В. И.** Тонкая структура акустического поля излучения пьезопреобразователей на основе круглых пьезопластин / В. И. Борисов, С. С. Сергеев, А. С. Никитин // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. — 2015. — № 4 (48). — С. 102–108.

УДК 534.86
АКУСТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ПЬЕЗОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ
НА ОСНОВЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПЬЕЗОПЛАСТИН

В. И. БОРИСОВ, А. П. МАГИЛИНСКИЙ, К. А. ЧУМАЧЕНКО

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Для решения некоторых задач неразрушающего акустического контроля материалов и технических изделий, связанных с повышением его чувствительности и разрешающей способности, находят применение фокусирующие пьезопреобразователи, которые формируют в фокальной области акустические пучки диаметром, сравнимым с длиной генерируемой ультразвуковой волны. При этом генерируемое акустическое поле, даже в фокальной плоскости пьезопреобразователя, может носить неоднородный характер, т. к. оно формируется в результате интерференции когерентных акустических волн, излучаемых с разных участков пьезопластины, что в целом может влиять на эффективность работы пьезопреобразователя.

В предлагаемой работе приведены результаты расчета акустического поля излучения фокусирующих пьезопреобразователей на основе участка вогнутой цилиндрической пьезопластины, нагруженной на воду.

Расчет акустического поля такого цилиндрического активного концентратора проводился по следующей схеме. Вся пластина разбивалась на элементарные площадки, играющие роль точечных излучателей сферических акустических волн в одной фазе. Размер элементарных излучателей выбирался таким образом, чтобы расстояние от соседних излучателей до точки пространства, где рассматривается результирующее давление акустических волн, было значительно меньше длины используемой акустической волны. При этом в расчетах использовалось представление каждой элементарной площадки в виде косинусного излучателя, принятое в литературе по расчету акустических полей пьезопреобразователей.

Особенностью расчетов акустического поля излучения является то, что они проводились с применением цилиндрической и декартовой систем координат.

Расчет акустического поля осуществлялся по методике, изложенной в [1], для непрерывного режима работы пьезопластин, нагруженных на воду, работающих на частоте 5 МГц.

К примеру, на рис. 1 приведено распределение акустического давления вдоль оси трех цилиндрических пьезопластин размером 10×10 мм с разными радиусами кривизны.

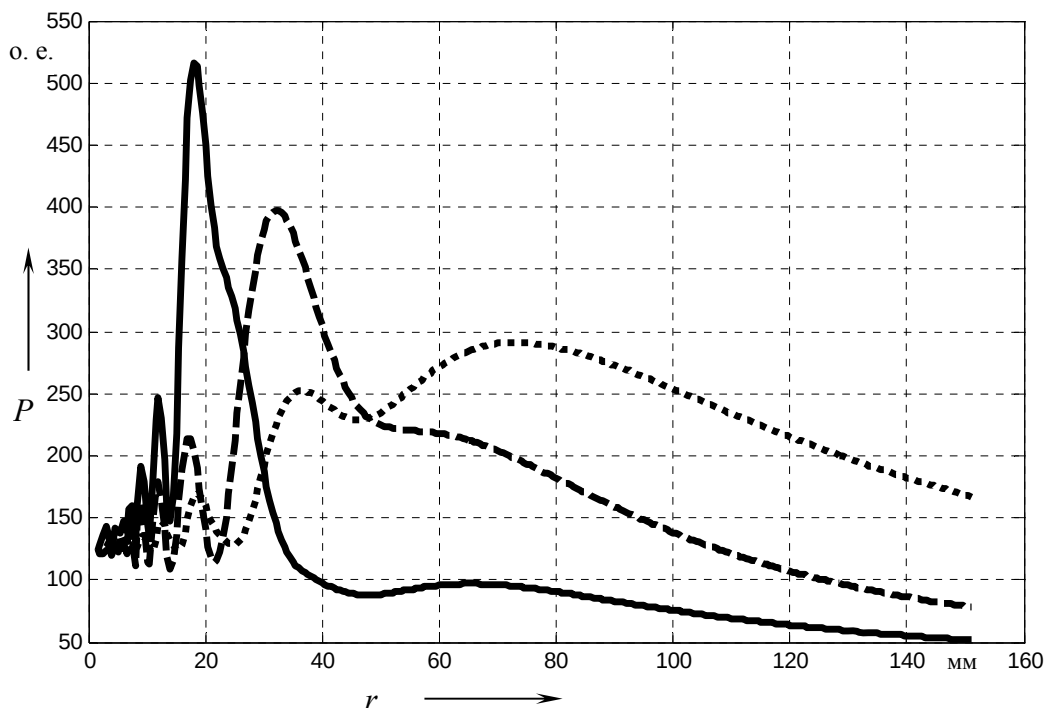


Рис. 1. Распределение акустического давления вдоль оси цилиндрических пьезопластин размером 10×10 мм: ——— пьезопластина радиусом кривизны 20 мм; - - - - - пьезопластина радиусом кривизны 40 мм; - · - · - · пьезопластина радиусом кривизны 60 мм

Из рис. 1 видно, что для всех пьезопластин четко наблюдается ближняя зона с высокочастотной модуляцией акустического поля. Для всех пьезопластин наибольшая фокусировка наблюдается на расстояниях, не совпадающих с радиусом кривизны пьезопластины, что связано с угловой расходимостью акустических волн от элементарных излучателей. В пространстве за фокальной областью акустическое поле излучения носит неоднородный характер с явно выраженным дополнительным максимумом, величина которого сравнима с максимумом в фокальной точке, что особенно проявляется для пьезопластин с радиусом кривизны 60 мм. Анализ акустического поля показал, что в фокальной плоскости акустическое поле носит неоднородный характер с большим числом максимумов и минимумов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Борисов, В. И.** Тонкая структура акустического поля излучения прямоугольных пьезопластин / В. И. Борисов, С. С. Сергеев, А. С. Никитин // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2015. – № 2 (43). – С. 105–113.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ
ДЛЯ АНАЛИЗА ДЕФЕКТОВ СТЕКЛА

А. Н. ВАСИЛЕНКО, Е. В. ПИВОВАРОВА, А. В. ХОМЧЕНКО

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Наличие дефектов в стекле непосредственно влияет на качество и себестоимость производства стекла и изделий из него. При этом возникновение дефектов происходит как во время производства, так и во время транспортировки и обработки стекла, а следовательно, проблема контроля дефектов является актуальной задачей и носит прежде всего экономический характер.

В работе представлены результаты исследования дефектной поверхности стекла. Под дефектами листового стекла понимают пузырьки и мошку, камни, свили и другие дефекты, такие как шлиры, узлы, поверхностные дефекты (потертости, царапины, сколы). Системы компьютерного или машинного зрения мало используются на практике, т. к. в настоящий момент нет необходимых технических решений и их реализаций, которые можно было бы применить в данной отрасли. Существующие же в настоящее время системы слишком дороги и требуют дополнительных исследований и настроек для решения конкретных задач.

Предложен подход и разработана схема контроля дефектов (рис. 1), которая представляет собой источник монохроматического света ($\lambda = 532$ нм), сформированный определенным образом световой пучок от которого падает на исследуемое стекло. Излучение, попадая в проблемную область, дифрагирует на дефектах, и CCD-матрица регистрирует характерную для дефекта дифракционную картину в отраженном свете. Регистрируемое распределение представляет собой два пучка, отраженных от верхней и нижней поверхностей стекла, что позволяет исследовать обе поверхности стекла и оценивать характер и размеры дефекта, а также его координаты.

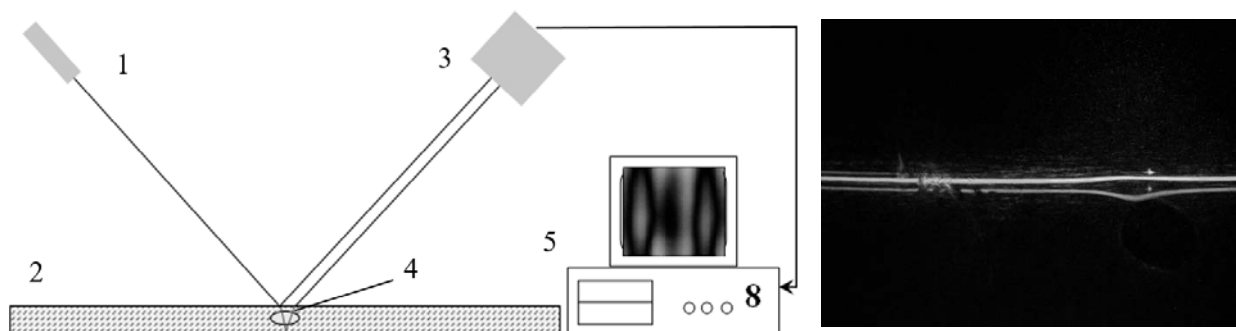


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – источник света ($\lambda = 532$ нм); 2 – исследуемое стекло; 3 – CCD-матрица; 4 – дефект; 5 – компьютер

УДК 681.7
ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ
ВАЛА РОТОРА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

В. Ф. ГОГОЛИНСКИЙ, А. А. АФАНАСЬЕВ, В. В. ПИСАРИК
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Надежность и долговечность электродвигателя при его эксплуатации во многом определяется обеспечением соответствующих технических параметров всех его элементов в процессе производства. Одним из основных технологических требований является качественное изготовление вала ротора электродвигателя. В связи с этим важное значение приобретает вопрос получения точной и достоверной информации о диаметре вала электродвигателя при его технологической обработке в процессе шлифования.

Контактные методы контроля характеризуются невысоким быстродействием, износом измерительных наконечников и существенным влиянием на параметры изделия из-за механического воздействия на контролируемую поверхность. Указанные недостатки ограничивают их применение при высокоточном контроле в процессе изготовления изделия.

Требованиям технологического контроля вала ротора электродвигателя удовлетворяет разработанная измерительная система, структурная схема которой приведена на рис. 1.

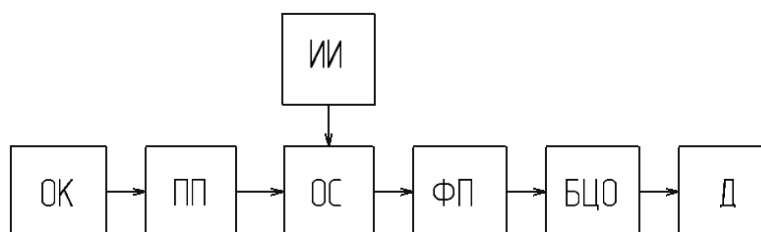


Рис.1. Структурная схема измерительной системы

Она состоит из первичного бесконтактного пневматического преобразователя (ПП), бесконтактно взаимодействующего с объектом контроля (ОК), промежуточного оптико-электронного измерительного преобразователя, в состав которого входят источник излучения (ИИ), оптическая система (ОС) и фотоприемник (ФП), блок цифровой обработки (БЦО) и дисплей (Д). При таком сочетании основных звеньев измерительной системы информационный процесс включает восприятие информации о линейном размере ОК, преобразование ее и сравнение с величиной, воспроизводимой мерой. При этом сигнал измерительной информации обеспечивает однозначную функциональную связь с реальным размером.

В БЦО происходит преобразование информационного сигнала в электрический код и визуализация контролируемого параметра на Д.

Конструкция первичного пневматического преобразователя показана на рис. 2. Воздух под давлением одновременно подается в камеру противодействия и измерительную камеру, которые разделены между собой мембраной 1. Слежение за объектом контроля 2 осуществляется с помощью приспособления 3.

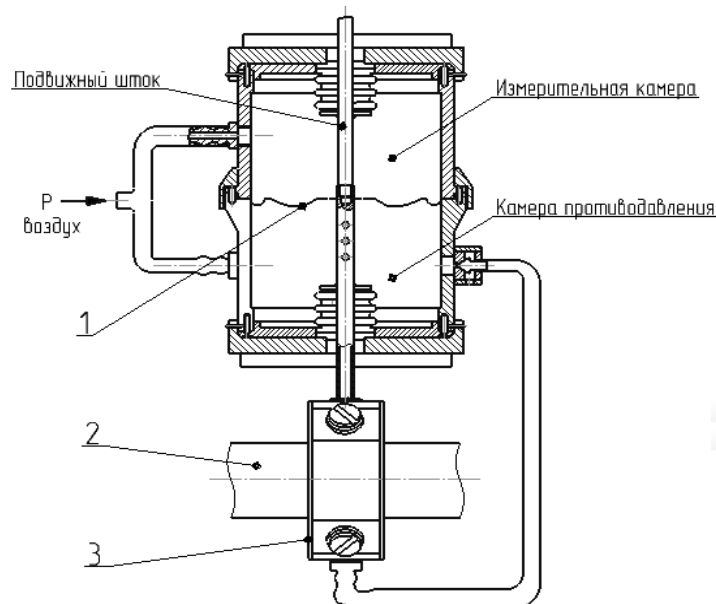


Рис. 2. Конструкция бесконтактного пневматического преобразователя

На рис. 3 показана конструкция оптико-электронного измерительного преобразователя. С пневматическим преобразователем он связан подвижным штоком.

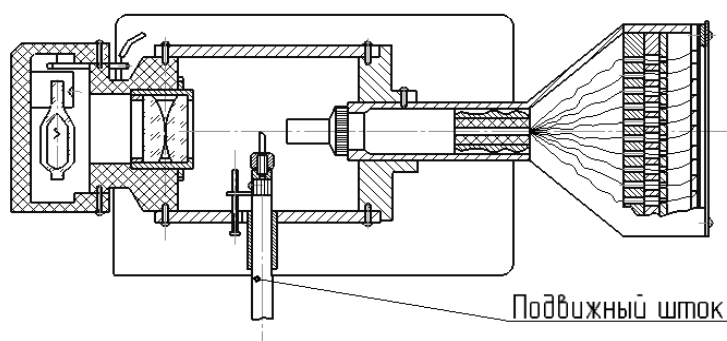


Рис. 3. Конструкция оптико-электронного преобразователя

В докладе представлены конструктивная схема пневматического преобразователя следящего типа, оптико-электронного измерительного преобразователя, принципиальная схема цифрового измерительного блока, а также результаты экспериментальных исследований структурных элементов измерительной системы.

УДК 658.382
АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА
В ОРГАНИЗАЦИЯХ АПК МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ В 2018 ГОДУ

П. А. КОЗЫРИЦКИЙ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Среди приоритетных направлений в деятельности государства особое место занимает охрана жизни и здоровья граждан. Несмотря на комплекс мер по наведению порядка и дисциплины, поддержанию общественной безопасности, охраны труда, уровень травматизма остается достаточно высоким.

В организациях АПК Могилевской области в 2018 г. произошло 4 несчастных случая со смертельным исходом и 15 несчастных случаев с тяжелым исходом.

1. Несчастные случаи со смертельным исходом произошли: в ОАО «Экспериментальная база «Глуск», Глусский район (ком., с/х) – 20.08 тракторист-машинист сельскохозяйственного производства М. П. Пашкевич (55 лет) найден на территории МТФ без признаков жизни. Предположительно, М. П. Пашкевич производил ремонтные работы стартера трактора МТЗ, при этом находился сбоку между передним и задним колесами. Рычаг переключения передач не был в нейтральном положении. Произошел запуск двигателя, трактор начал движение задним ходом, в результате чего произошел наезд передним колесом на потерпевшего.

2. ОАО «Светлый путь Агро», Чаусский район (ком., с/х) – 02.11 на МТК «Каменка» в котельной произошел взрыв котла, в результате чего погиб сторож И. И. Строгин (57 лет).

3. Филиал «Мокрянский», ОАО «Быховский консервноовощесушильный завод», Быховский район (ком., с/х) – 06.12 на МТК «Восточное» при выполнении работ по ремонту крыши сарая рабочий строительной бригады С. В. Крюков (42 г.) провалился в световое окно в крыше и упал на бетонный пол. Умер в Могилевской городской больнице скорой медицинской помощи 11.12 2018 г.

4. ОАО «Полыковичи», Могилевский район (ком., с/х) – 15.12 на территории МТФ «Мосток» потерпевший А. А. Гоголинский (52 г.), выполняя работу по откачке навоза транспортером ТСН-160, попал под редуктор.

Несчастные случаи (15 сл.) с тяжелым исходом произошли в ОАО «Казимировский опытно- экспериментальный завод» г. Могилев (ком., с/х) – 17.01 токарь А. Н. Белясов (52 г.) пытался удалить стружку, не выключая станок. В результате произошло захватывание и травмирование

кисти левой руки; ОАО «Передвижная механизированная колонна № 95 «Водстрой», г. Осиповичи (ком., с/х) – 18.01 рабочий А. А. Гончаренко (58 лет) был травмирован ковшем экскаватора при выполнении работ по погрузке древесины в тракторный прицеп при помощи экскаватора; ОАО «Черневка Агро», Дрибинский район (ком., с/х) – 17.01 – бригадир И. А. Прохоронок (51 г.); ОАО «Уречанский» Славгородский район (ком., с/х) – 04.02 сторож Л. А. Прочуханов (58 л.); ОАО «Чериков-райагропромтехснаб» (ком., с/х) – 18.04 тракторист-машинист Д. М. Елозо (49 л.); ОАО «Могилевский мясокомбинат» – боец скота К. Б. Бойцов (42 г.); ЗАО «Агрокомбинат «Заря», Могилевский район (ком., с/х) – 24.07 комбайнер В. А. Ежов (48 л.); ОАО «Жорновка Агро», Осиповичский район (ком., с/х) – слесарь-ремонтник (17 л.); ОАО «Железинский Агро», Славгородский район (ком., с/х) – 17.08 водитель МАЗа Н. Н. Лобачев (43 г.); ОАО «Мстиславский райагропромтехснаб», Мстиславский район (ком., с/х) – 27.08 тракторист-машинист А. В. Новиков (20 лет); УКСП «Совхоз «Ольса», Кличевский район (ком., с/х) – 31.06 слесарь Н. И. Бахорин (56 лет); ОАО «Могилевский мясокомбинат», г. Могилев (ком., с/х) – 21.08 жиловщик мяса Д. В. Шевчук (40 лет); КСУП «Некрасово Агро», Круглянский район (ком., с/х) – животновод Г. Э. Здунок (52 г.); ОАО «Тишовка», Могилевский район (ком., с/х) – 24.10 животновод А. В. Бордюгов (46 лет); ОАО «Бабушкина крынка» – управляющая компания холдинга Могилевская молочная компания «Бабушкина крынка», филиал «Кричевский» (ком., с/х) – 04.12 маркетолог И. А. Латенкова (48 лет).

Анализ травматизма на производстве в сельхозорганизациях облсельхозпрода показал, что в сравнении с 2017 г. число несчастных случаев с тяжелым и смертельным исходом осталось на уровне 2017 г.

В 2018 г. произошло пожаров – 17. Из них нарушение правил пожарной безопасности при эксплуатации теплогенераторов ТГУ – 5 случаев.

В 2018 г. совершено ДТП с участием тракторов, с/х машин и комбайнов – 18, в 2017 г. – 17 случаев, в том числе по вине водителей тракторов – 7, пострадало всего, в т. ч. в 2018 и 2017 гг., соответственно 18 и 17 человек, в том числе погибло 8 и 1, ранено 16 и 16 человек. По вине водителей тракторов пострадало соответственно 7 и 7 человек, погибло 1 и 0, ранено 7 и 7 человек.

Анализ причин производственного травматизма в организациях, где произошли несчастные случаи, показал, что с пострадавшими повторные инструктажи проводятся с нарушением правил, не обращается внимание обучающихся на случаи, наиболее часто встречающиеся при выполнении работ с использованием технических устройств.

УДК 620.179.14
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ МАГНИТОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА
КОНТРОЛЯ НА ОСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ ОБЪЕКТА

А. В. КУШНЕР, А. В. ШИЛОВ, В. А. НОВИКОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В [1] для повышения чувствительности магнитографической дефектоскопии ферромагнитных объектов на их остаточной намагниченности предложено укладывать магнитную ленту вдоль направления распространения дефекта. При реализации данного способа выяснилось, что размах сигнала от одного и того же дефекта при повторных испытаниях может отличаться в несколько раз. Было высказано предположение, что это обусловлено тем, что при укладке магнитной ленты на объект под действием поля рассеяния дефекта на ней может образоваться магнитный отпечаток разной ширины, т. к. величина перемещения ленты по поверхности объекта может быть неодинаковой.

Для подтверждения данного предположения исследовали влияние величины поперечного (относительно плоскости дефекта) перемещения магнитной ленты на размах сигнала, обусловленного дефектом, при контроле на остаточной намагниченности объекта. В качестве объекта контроля использовали щит электродвигателя, который содержал на торцевой поверхности трещину раскрытием 34 мкм и глубиной 2,4 мм. Ширину трещины измеряли с помощью микроскопа МЕТАМ РВ-21, допускающего погрешность измерения ± 1 мкм, а ее глубину – с помощью трещиномера 281М. Объект намагничивали перемещением по его поверхности постоянного магнита. Запись поля рассеяния дефекта производили на магнитную ленту типа И4701-35, считывание записи осуществляли индукционной магнитной головкой магнитографического дефектоскопа МДУ-2У.

Для проведения экспериментальных исследований было изготовлено приспособление, основные элементы которого изображены на рис. 1. Оно содержит жесткий корпус, в котором находятся плоские детали 1 и 2, выполненные лазерной резкой. Принцип работы приспособления состоит в следующем. Если переместить деталь 1 вдоль плоскости разъема с деталью 2, сдвинув ее на расстояние L вдоль стрелки А, то ее перемещение в направлении стрелки Б будет в 10 раз меньше. Это позволяет с высокой точностью определить величину перемещения магнитной ленты, край которой прикреплен к детали 1, по поверхности объекта.

В процессе выполнения экспериментальных исследований магнитную ленту сдвигали поперек дефекта на расстояние от 0 до 4 мм с шагом 0,2 мм. Строили график зависимости размаха сигнала, обусловленного

полем рассеяния поверхностной трещины, от величины перемещения ленты по поверхности изделия (рис. 2).

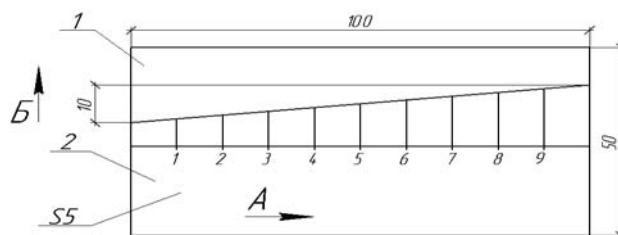


Рис. 1. Приспособление для измерения величины перемещения магнитной ленты по поверхности контролируемого объекта

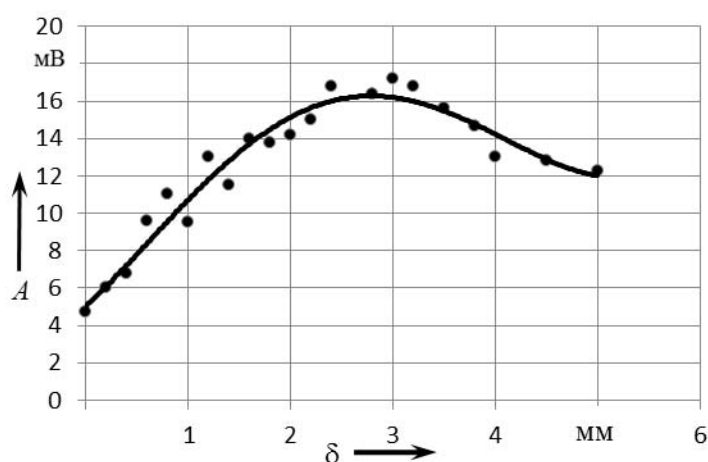


Рис. 2. Зависимость размаха сигнала, обусловленного полем рассеяния поверхностной трещины, от величины перемещения ленты по поверхности объекта

Из графика следует, что наибольший размах сигнала наблюдается при $\delta = 2,8$ мм.

Таким образом, установлено, что для обеспечения наибольшей достоверности магнитографического метода контроля на остаточной намагниченности объекта нужно использовать устройство, которое смещает магнитную ленту со скольжением по поверхности объекта на расстояние $2,8 \pm 0,2$ мм. Условия определены применительно к считывающему устройству дефектоскопа МДУ-2У.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Новиков, В. А.** Некоторые особенности магнитографического контроля ферромагнитных объектов на остаточной намагниченности / В. А. Новиков, А. В. Кушнер, А. В. Шилов // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов: сб. ст. VI Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 19–20 сент. 2017 г. – Могилев, 2017. – С. 138–143.

УДК 621.372.8:535
ОЦЕНКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ТЕРАГЕРЦОВОГО РЕШЕТОЧНОГО
СЕНСОРА ВОДНОГО РАСТВОРА

С. С. МИХЕЕВ, А. Б. СОТСКИЙ,
Могилевский государственный университет им. А. А. Кулешова
Могилев, Беларусь

М. М. НАЗАРОВ
Национальный исследовательский центр «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»
Москва, Россия

Терагерцовые (ТГц) сенсоры состава водных растворов востребованы в микробиологии и медицине (например, для неинвазивной диагностики онкологии). Однако их создание сталкивается с высоким поглощением ТГц-излучения водой. Для обеспечения приемлемой чувствительности сенсора к интересующей примеси в растворе целесообразно использовать эффекты резонансного взаимодействия ТГц-излучения с волноводными структурами. В докладе исследуется сенсор с чувствительным элементом в виде кремниевого планарного волновода с поверхностной дифракционной решеткой, контактирующего с водным раствором протеина БСА. Расчет выполнен методом локальных мод периода решетки. Алгебраизация задачи осуществлена методом Галеркина в формулировке, позволяющей рассчитать дифракционное поле в слоистой среде с произвольным поглощением.

Рассмотрен волновод в виде пластины высокоомного кремния с диэлектрической проницаемостью $\epsilon_s = (3,4 - i0,005)^2$ толщиной w , на поверхности которого алмазной пилой нарезана дифракционная решетка прямоугольного профиля с периодом d , высотой рельефа δ и воздушными каналами шириной σ . Использованы значения $w = 210$ мкм, $d = 322$ мкм, $\sigma = 142$ мкм. Параметр δ рассматривался как оптимизационный. Для диэлектрической проницаемости водного раствора использована модель [1].

В качестве оптимизационных критериев рассмотрены величины

$$|\partial R / \partial C|, \quad |\partial F / \partial C|, \quad (1)$$

где $R = |r / r_0|$; $F = \arg(r / r_0)$; r и r_0 – амплитудные коэффициенты отражения от структуры нулевого дифракционного порядка при наличии и отсутствии в воде примесного компонента; C – концентрация БСА. Расчет в диапазоне $0,1 \text{ THz} \leq f \leq 1 \text{ THz}$ показал, что критерии (1) достигают максимумов в случае нормального падения излучения на структуру при ее освещении со стороны дифракционной решетки. Волнам ТЕ и ТМ поляризации соответствуют оптимальные $\delta = 92$ мкм и $\delta = 105$ мкм. Решение оптимизационной задачи представлено в табл. 1. В первой колонке приведен номер структуры: 1 – свободная поверхность раствора ($w = 0$, $\delta = 0$);

2 – $\delta = 0$ (эталон Фабри–Перо); 3 и 4 – оптимальные структуры с вышеуказанными δ ; f_R и f_F – частоты, на которых достигаются максимумы модулей (1).

Табл. 1. Максимумы чувствительности сенсоров

Номер структуры	$ \partial R / \partial C _{\max}, l/g$	f_R, THz	$ \partial F / \partial C _{\max}, l/g$	f_F, THz
1	$1,4 \cdot 10^{-4}$	0,66	$3,4 \cdot 10^{-4}$	0,19
2	$4,1 \cdot 10^{-4}$	0,26	$5,5 \cdot 10^{-4}$	0,24
3	$5,6 \cdot 10^{-3}$	0,904	$8,0 \cdot 10^{-3}$	0,904
4	0,066	0,31	0,12	0,31

Из табл. 1 можно заключить, что решеточный сенсор имеет существенно более высокую чувствительность к БСА по сравнению со структурами без поверхностного рельефа. При этом предпочтительно использование волн ТМ поляризации. Однако данный эффект определяется резонансным возбуждением эванесцентных волн решетки, поэтому он наблюдается в сравнительно узком спектральном диапазоне (рис. 1).

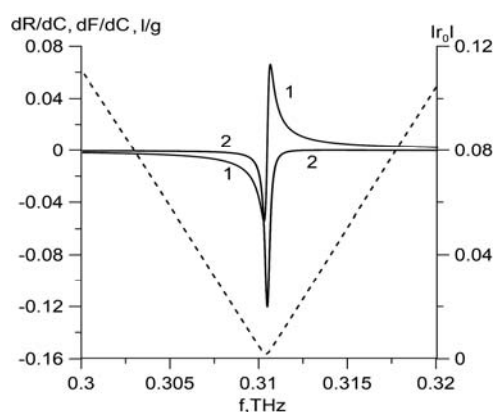


Рис. 1. Спектральная чувствительность решеточного сенсора при использовании волн ТМ поляризации: 1 – $\partial R / \partial C$; 2 – $\partial F / \partial C$; ----- – спектр $|r_0|$

При различии C 20 г/л в плазме крови здоровых и онкологических пациентов оптимизированное изменение φ составит 2,4 радиана, что обнаружимо методом ТГц-спектроскопии во временной области [1].

Работа выполнена при поддержке БРФФИ (грант Ф18Р-143/1) и РФФИ (грант 18-52-00040).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Nazarov, M. M.** Study of the dielectric function of aqueous solutions of glucose and albumin by THz time-domain spectroscopy / M. M. Nazarov, O. P. Cherkasova, A. P. Shkurinov // Quant. Electron. – 2016. – Vol. 46, № 6. – P. 488–495.

УДК 621.372.8:535
СТАБИЛИЗАЦИЯ ТОЧКИ ВВОДА ИЗЛУЧЕНИЯ В ПЛАНАРНУЮ
СТРУКТУРУ ПОСРЕДСТВОМ ПРИЗМЫ СВЯЗИ

С. О. ПАРАШКОВ
Белорусско-Российский университет

А. Б. СОТСКИЙ, Е. А. ЧУДАКОВ
Могилевский государственный университет им. А. А. Кулешова
Могилев, Беларусь

Волноводная спектроскопия является одним из наиболее эффективных методов оптического контроля параметров тонких пленок и слоистых сред. Суть данного метода заключается в туннельном возбуждении волноводных мод исследуемой структуры, что обеспечивает наибольшую, по сравнению с альтернативными методами, длину взаимодействия зондирующего излучения с исследуемой средой и, как следствие, максимальную чувствительность метода к параметрам структуры. В частности, благодаря этой особенности метод волноводной спектроскопии оказывается вне конкуренции при измерении коэффициентов поглощения тонких пленок. Однако данный метод является контактным, что порождает ряд проблем при его практической реализации. Их решение предполагает оптимизацию призмы связи.

Серьезную проблему представляет смещение точки ввода излучения в исследуемую структуру (т. е. точки пересечения оси лазерного пучка с основанием призмы связи) в процессе вращения призмы связи при волноводной спектроскопии структуры. Это смещение, вызванное законом Снеллиуса, препятствует однозначному решению обратной оптической задачи. Настоящий доклад посвящен преодолению данной проблемы.

Для зависимости указанного смещения S от угла поворота призмы связи φ было получено аналитическое выражение

$$S(\varphi) = \frac{l \sqrt{n_p^2 n_a^{-2} - \sin^2 \varphi}}{\sin \theta_1 \sin \varphi + \cos \theta_1 \sqrt{n_p^2 n_a^{-2} - \sin^2 \varphi}} - a,$$
$$l = \left\{ a \cos \theta_1 - 2 \sin \left(\frac{\varphi}{2} \right) \left[\Delta y \cos \left(\frac{\varphi}{2} - \theta_1 \right) + \Delta x \sin \left(\frac{\varphi}{2} - \theta_1 \right) \right] \right\} \cos^{-1} \varphi,$$

где n_p и n_a – показатели преломления призмы связи и примыкающей к ее боковым граням среды; θ_1 – угол между основанием призмы и ее входной гранью; a – расстояние от данного ребра призмы до точки ввода при

падении лазерного пучка нормально входной грани призмы; $\Delta x, \Delta y$ – координаты оси вращения призмы связи.

Для стабилизации зондируемой области оптимальным образом выбирается положение оси вращения призмы связи. Искомые значения $\Delta x, \Delta y$ получены путем минимизации зависимости $S^2(\varphi)$ методом наименьших квадратов.

Корректность расчетов подтверждена экспериментально. Измерения проведены для призмы СТФ-2 с углом $\theta_1 = 59,41^\circ$. Рис. 1, а иллюстрирует смещение точки ввода светового пучка при поворотах призмы.

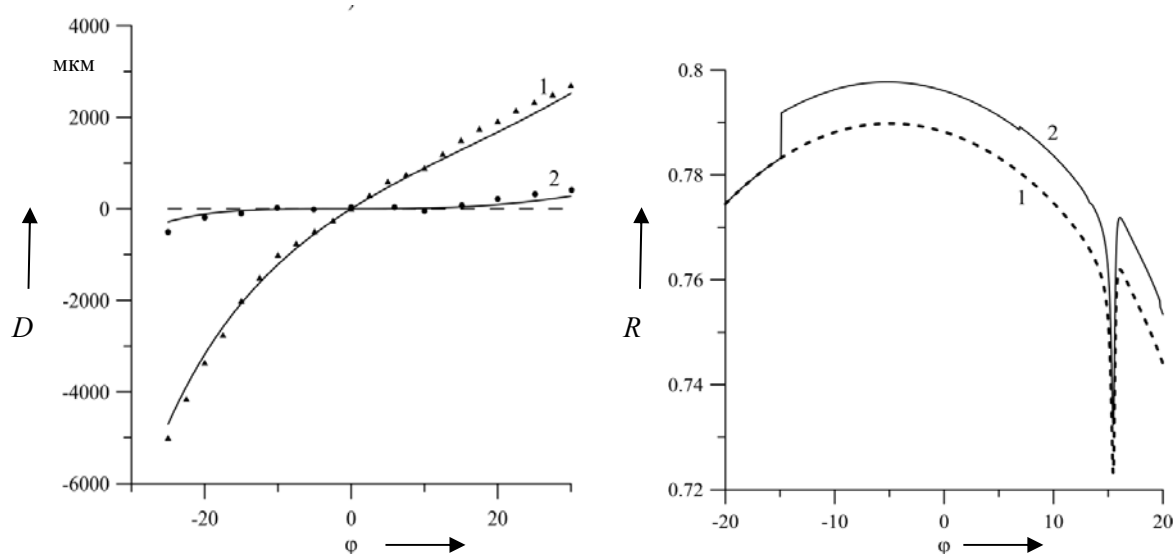


Рис. 1. Смещение точки ввода светового пучка при поворотах призмы: а – зависимость смещения пятна оптического контакта от угла поворота призмы связи (----- – нулевой уровень смещения); б – отражательная способность призмы связи при стандартном (1) и оптимальном (2) выборе ее оси вращения

Здесь сплошные кривые 1 и 2 – расчет. Кривая 1 соответствует стандартной установке оси вращения в центре основания призмы связи; 2 – оптимальная установка оси. Дискретные точки – соответствующий эксперимент. Графики на рис. 1, б рассчитаны при однократном прохождении света через призму связи (кривая 1) и с учетом многократных отражений лазерного пучка от боковых граней и основания призмы связи (кривая 2). Они относятся к призмennому возбуждению ТЕ-волнами двухслойной структуры оксинитрида кремния на кремниевой подложке. Как следует из рис. 1, а, стабилизация точки ввода излучения в волноводную структуру за счет оптимального выбора положения оси вращения призмы связи существенно влияет на результаты волноводной спектроскопии.

Работа выполнена при поддержке Государственной программы научных исследований Республики Беларусь «Фотоника, опто- и микроэлектроника 1.3.03».

УДК 620.179
РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА МАГНИТОАКУСТИЧЕСКИХ ШУМОВ
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ФЕРРОМАГНЕТИКОВ

П. А. ПОДУГОЛЬНИКОВ, А. Н. ПРУДНИКОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Ограничение применения метода магнитоакустических шумов (МАШ) связано с недостатком опыта промышленного использования, а также с отсутствием аппаратной реализации метода контроля и должной метрологической базы: приборов промышленного изготовления для МАШ-контроля нет, существуют лишь отдельные экспериментальные установки, собранные с использованием стандартной аппаратуры.

Методика исследования МАШ заключается в перемагничивании исследуемого образца линейно изменяющимся магнитным полем $H(t)$ и регистрации пьезопреобразователем возникающих при этом сигналов МАШ $e_2(t)$.

Для построения экспериментальной установки использовалась стандартная аппаратура: анализатор напряжений и структуры металлов магнитошумовой «Интроскан» в качестве генерирующей части, акустико-эмиссионный комплекс «A-Line 32 DDM» в качестве приемно-регистрирующей. Возникающие в возбуждающем магнитном поле скачки намагниченности (шумы Баркгаузена) регистрировались акустическим пьезопреобразователем в виде сигналов МАШ.

При выборе преобразователей акустических сигналов требуется учитывать особенности МАШ. Для этого проводились эксперименты на образцах с целью изучения влияния свойств материала на параметры магнитоакустического шума. Верхняя частота спектра сигналов МАШ в конструкционных сталях – 1,5...2,0 МГц, что требует применения широкополосных преобразователей.

Удовлетворительные результаты с широкополосными преобразователями были получены лишь на образцах, изготовленных из стали с высоким значением магнитострикции, для большинства же конструкционных сталей отношение сигнал/шум является неприемлемой для проведения достоверного контроля.

Сужение частотной полосы канала при фильтрации принятого сигнала снижает уровень шумов и увеличивает чувствительность, но одновременно уменьшает энергетические параметры полезного сигнала.

Дальнейшие экспериментальные исследования показали возможность применения узкополосных преобразователей с основной частотой от 20 до 200 кГц, что существенно упрощает реализацию метода контроля на базе акустико-эмиссионного комплекса.

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОСКОНАПРЯЖЕННОГО
СОСТОЯНИЯ МАГНИТНЫМИ МЕТОДАМИ

П. А. ПОДУГОЛЬНИКОВ, В. Ф. ПОЗДНЯКОВ, А. Н. ПРУДНИКОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Как известно, магнитные методы, в частности магнитный и акустический метод эффекта Баркгаузена, коэрцитиметрический метод, имеют возможность оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) объектов.

Измеряемые магнитные параметры позволяют определить одноосное механическое напряжение, но на практике наибольший интерес представляет плоское двухосное напряженно-деформированное состояние, свойственное большинству металлических промышленных конструкций.

Данное исследование направлено на оценку влияния тензорной природы сложного напряженно-деформированного состояния на измеряемые магнитные параметры.

В качестве образца для исследования плосконапряженного состояния магнитными методами использовалась цилиндрическая обечайка, нагруженная внутренним гидравлическим давлением. Расчетное соотношение между главными напряжениями (осевым и кольцевым) составляет 0,5, нормальное напряжение ввиду незначительности не учитывалось. Для измерения магнитного шума Баркгаузена применялся анализатор «Интроскан», акустического шума Баркгаузена – комплекс акустико-эмиссионный A-Line, коэрцитивной силы – магнитный структуроскоп КРМ-Ц-К2М. Величина приложенных механических напряжений устанавливалась гидравлическим давлением и регистрировалась тензометрической станцией.

В ходе экспериментов получены зависимости магнитных параметров от НДС в направлении действия главных напряжений при плосконапряженном состоянии. Зависимости не противоречат калибровочным кривым, построенным для одноосного растяжения аналогичных образцов металла.

При исследовании образца вклад главных напряжений в результат измерения однозначно определить не удалось, так как зависимость магнитных параметров от главных напряжений имеет достаточно высокую неопределенность. Однако плоское напряженно-деформированное состояние объекта может быть оценено по разности измеренных магнитных параметров в двух ортогональных направлениях и приведено к эквивалентному напряжению Мизеса.

УДК 621.396.6

УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ МЕДИЦИНСКИХ ДЕФИБРИЛЛЯТОРОВ

В. Ф. ПОЗДНЯКОВ, В. Н. УСИК
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Дефибрилляторы нашли широкое применение в медицинской практике для лечебного воздействия одиночным импульсом на сердце человека трансторакально, что позволяет деполяризовать критическую массу сердечной мышцы, восстановить нормальный синусовый ритм сердца и снять аритмию.

Данные приборы можно отнести к группе физиотерапевтических аппаратов, воздействующих определенным образом на организм пациента. В процессе эксплуатации эти аппараты должны проходить периодический контроль технического состояния, который включает в себя определенные мероприятия, оговоренные нормативными документами по обслуживанию медицинской техники и инструкцией по эксплуатации. Также отдельная группа медицинских аппаратов, к которым относятся и дефибрилляторы, имеющие определенные метрологические параметры, должна проходить периодическую поверку в организациях, имеющих аккредитованные поверочные или калибровочные лаборатории.

Основными характеристиками дефибрилляторов, которые подвергаются метрологической оценке, являются следующие: относительная погрешность задания энергии импульса на соответствующем диапазоне, параметры импульса – длительность положительной и отрицательной полуволн, длительность фронтов, расстояние между импульсами. Также часто необходимо оценить форму импульса.

Используемый в настоящее время для поверки дефибрилляторов прибор ИЭ-ВИ-02 «Диамант» позволяет только оценить энергию импульса на соответствующей нагрузке. Измерить остальные характеристики, перечисленные ранее, он не может.

Поэтому всталла задача создания установки для поверки дефибрилляторов, которая позволила бы измерять не только энергию импульса на разных нагрузках, но и характеристики импульсов при разных сопротивлениях нагрузки и энергиях.

В связи с этим была разработана установка для проведения поверки всех вышеуказанных характеристик. Установка была использована при проведении испытаний различных дефибрилляторов: дефибриллятора Гурвича-Венича, ИД-66, дефибриллятора-монитора PIC-40, MINIDEF-3, Liferas-15 и показала высокие метрологические характеристики.

ПОЛЕ ИЗЛУЧЕНИЯ АКТИВНОГО СФЕРИЧЕСКОГО
КОНЦЕНТРАТОРА С ФАЗИРОВАННОЙ РЕШЕТКОЙ

Е. Н. ПРОКОПЕНКО, Н. И. КАЗАЧЕНКО

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Пьезоэлектрические преобразователи в виде фазированных решеток различной формы и конструкции в последнее время нашли широкое применение в практике ультразвукового неразрушающего контроля.

В данной работе представлены результаты расчета акустического поля излучения сферического активного концентратора с фазированной решеткой. Количество элементов фазированной решетки – 17, элементы имеют разный диаметр, общий диаметр – 10 мм. Радиус кривизны – 20 мм. Элементы концентратора нагружены на воду, частота излучения – 5 МГц. Ширина каждого элемента концентратора составляет половину длины волны – 0,15 мм, расстояние между элементами равно 0,15 мм.

Расчет давления в каждой точке полупространства с координатами $A(X, Y, z)$, в которое излучается акустическая волна, произведен по методике, изложенной в [1].

На рис. 1 отображено распределение давления акустического поля излучения вдоль оси концентратора при различном сдвиге фаз между элементами фазированной решетки.

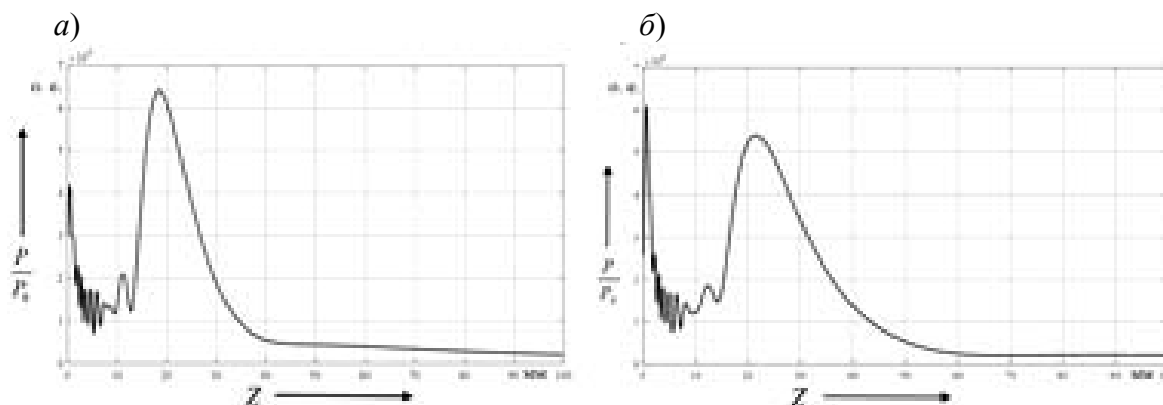


Рис. 1. Распределение давления поля излучения фазированной решетки вдоль оси сферического концентратора: *a* – сдвиг фазы между соседними элементами решетки – 0 рад; *б* – сдвиг фазы между соседними элементами решетки – $\pi/17$ рад

Как видно из приведенного рисунка, при нулевом сдвиге фазы между элементами решетки (рис. 1, *a*) в поле излучения наблюдаются два четко выраженных максимума излучения: один – вблизи поверхности концентратора, второй – на расстоянии, чуть меньшем, чем фокусное расстояние

концентратора. При увеличении сдвига фаз на элементах решетки амплитуда максимума вблизи радиуса кривизны уменьшается, а максимум вблизи поверхности сдвигается на большее расстояние от пьезопластины с ростом его амплитуды. Распределение давления акустических волн в плоскости, перпендикулярной продольной оси пьезопреобразователя, в точке первого максимума (рис. 2, а) носит неоднородный характер с четко выраженным максимумом, вблизи второго максимума распределение давления более равномерное (рис. 2, б).

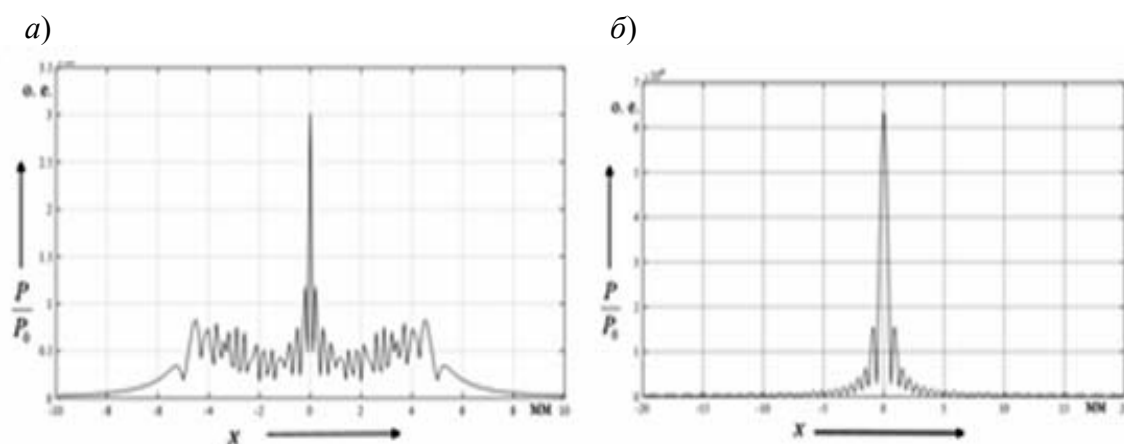


Рис. 2. Распределение давления акустических волн пьезопреобразователя в плоскости, перпендикулярной его оси: а – в точке первого максимума при нулевом сдвиге фаз; б – в точке второго максимума при нулевом сдвиге фаз

При сдвиге фазы между соседними элементами решетки, равном $\pi/2$ рад, максимум вблизи фокуса исчезает. В поле излучения наблюдается только один максимум вблизи поверхности концентратора, распределение давления вдоль продольной оси носит неравномерный характер с четко выраженным одним максимумом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Борисов, В. И.** Тонкая структура акустического поля излучения пьезопреобразователей на основе круглых пьезопластин / В. И. Борисов, С. С. Сергеев, А. С. Никитин // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2015. – № 5. – С. 102–108.

УДК 620.179.14
АНАЛИЗ МЕТОДИК МАГНИТНОГО КОНТРОЛЯ МЕХАНИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ ИЗДЕЛИЙ ИЗ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

С. Г. САНДОМИРСКИЙ

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси
Минск, Беларусь

Особенностью легированных сталей с содержанием углерода $\geq 0,3\%$ (сталей 40X, 40XH, 45X, 30XГСА и др.) является немонотонное изменение коэрцитивной силы H_c с увеличением температуры T_0 отпуска закаленных изделий. Достоверный контроль физико-механических свойств изделий из таких материалов по величине остаточного магнитного потока Φ_d в изделии возможен только при низкой T_0 . Для контроля средне- и высокотемпературного отпуска изделий из данных материалов на намагниченные изделия перед измерением Φ_d дозированно воздействуют [1, 2] размагничивающим полем (рис. 1).

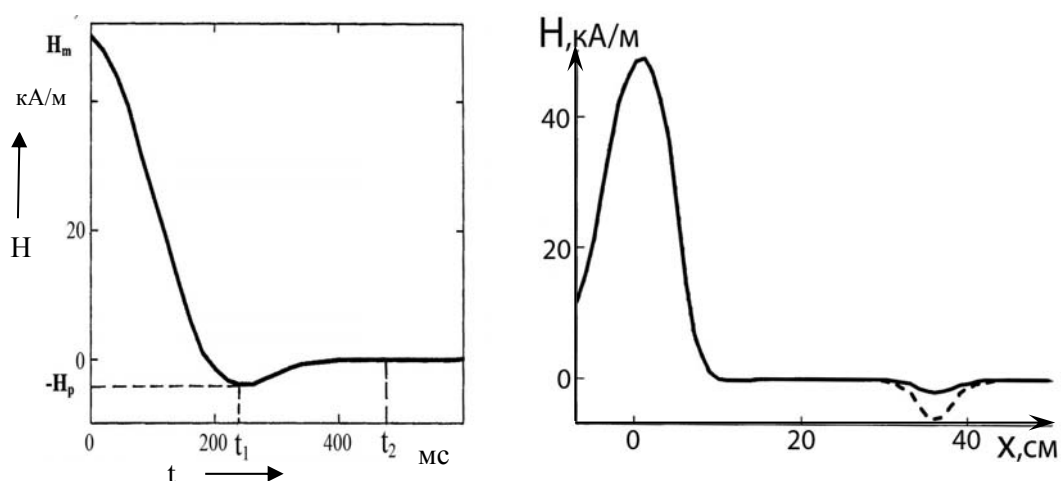


Рис. 1. Временная диаграмма и распределение магнитного поля вдоль оси движения изделий в [1, 2]

Методика [1] позволяет выбрать напряженность $-H_p$ (см. рис. 1) размагничивающего поля, при которой достигается оптимальная чувствительность к изменениям T_0 при контроле изделий конкретных размеров. Согласно способу [2], изделие в движении намагничивают до технического насыщения (см. рис. 1), измеряют остаточный магнитный поток Φ_1 в изделии после его выхода из области с полем H_m (при $X \approx 20$ см). Создают на пути движения изделия локальную область с постоянным размагничивающим полем максимальной напряженностью H_p (при $X \approx 36$ см). Измеряют второе значение остаточного магнитного потока Φ_2 в изделии

после его выхода из области с полем H_p (при $X \approx 50$ см), о свойствах изделия судят по отношению F результата Φ_2 этого измерения к разности результатов первого Φ_1 и второго Φ_2 измерений. Согласно [2], H_p устанавливают от 0,8 до 0,9 релаксационной коэрцитивной силы изделия, отпущенного при заданной по технологии для изделий данного типа изделий T_0 .

Эффективность способов [1, 2] подтверждают результаты (рис. 2) их применения для контроля твердости HRC промышленных изделий.

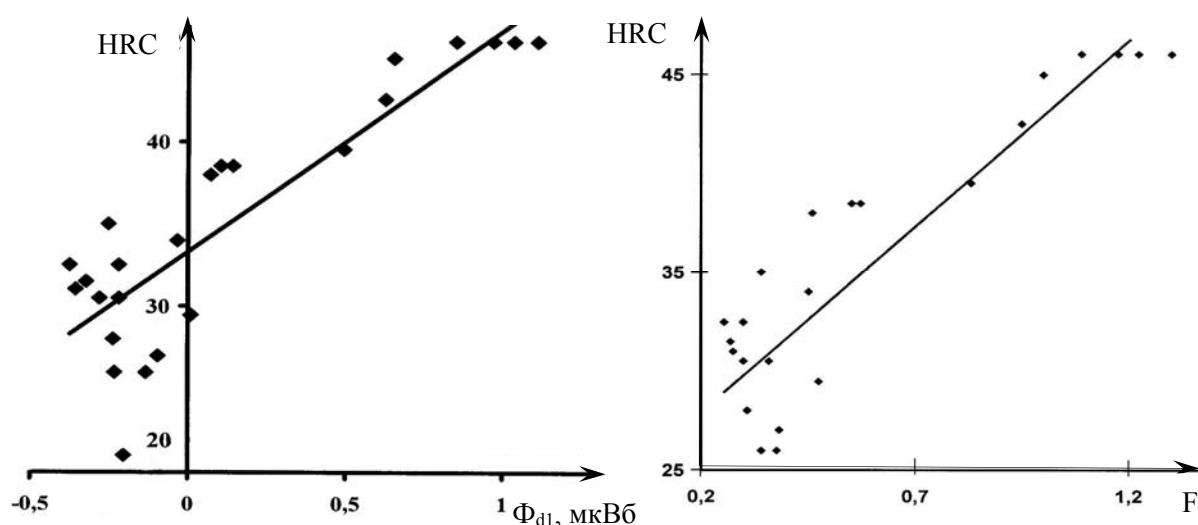


Рис. 2. Связь информационных параметров способов [1, 2] с твердостью HRC изделий «Палец № 240-005122-Б» из стали 40Х

Эффективность методик [1, 2] предполагается повысить оптимизацией не только напряженности H_p размагничивающего поля, но и оптимизацией напряженности H_m поля, в котором изделия намагничиваются перед размагничиванием и перед измерением остаточного магнитного потока в них.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способ контроля механических свойств движущегося стального изделия, подвергнутого отпуску после закалки: пат. РБ 20075 / С. Г. Сандомирский. – Оpubл. 30.04.2016.
2. Способ контроля физико-механических свойств движущегося стального изделия, подвергнутого отпуску после закалки: пат. РБ 19899 / С. Г. Сандомирский. – Оpubл. 28.02.2016.

УДК 620.179

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ОСЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФАЗИРОВАННЫХ РЕШЕТОК

С. С. СЕРГЕЕВ, Д. Г. ЯСТРЕБОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Оси колесных пар вагонов и локомотивов при эксплуатации подвергаются существенным статическим и динамическим нагрузкам. При этом возможно образование поперечных плоскостных дефектов в виде трещин, которые чаще всего появляются на наружной цилиндрической поверхности в зонах радиусных переходов, т. е. возле галтелей и канавок. Такие трещины возникают из-за усталостных явлений в металлах, находящихся длительное время под воздействием знакопеременных нагрузок. Усталостные трещины, развивающиеся с поверхности детали, называют поверхностными, чем подчеркивают их отличие от трещин глубинных. Особую проблему для обнаружения представляют дефекты в подступичной зоне за галтельным переходом. Выявление подобных дефектов в предподступичной и подступичной зонах без предварительной разборки подшипниковых колец и колес затруднено.

Согласно требованиям стандарта СТО РЖД 01.11.002-2008 «Контроль неразрушающий. Элементы колесных пар вагонов. Технические требования к ультразвуковому контролю» проведение ультразвукового неразрушающего контроля осей колесных пар обеспечивает: при контроле осей колесных пар с частично демонтированным буксовым узлом – обнаружение поперечных трещин на цилиндрических поверхностях и в галтелях шеек и предподступичных частей, подступичной и средней частях оси (варианты метода AR1.1, AR1.2, AR1.3); при контроле осей колесных пар с полностью демонтированным буксовым узлом – обнаружение поперечных трещин на цилиндрической поверхности подступичной части оси (вариант метода AR3.1). Предусмотренные указанным и другими нормативными документами схемы прозвучивания осей колесных пар прямыми монопреобразователями с торцовых поверхностей с частотой 2,5 МГц, а также с цилиндрической предподступичной поверхности оси с применением наклонных преобразователей с углами ввода 18...20° и частотой 2,5 МГц не обеспечивают в данных условиях уверенное и достоверное выявление всех опасных дефектов. Следует отметить, что прозвучивание с торцовых поверхностей оси возможно только тогда, когда не мешают имеющиеся технологические отверстия. Для реализации всех четырех рекомендуемых вариантов реализации ультразвукового контроля одной оси требуется набор различных пьезопреобразователей. Рекомендуемые нормативными

документами методики ультразвукового контроля сопровождаются, как правило, появлением ложных сигналов на развертках, от которых достаточно сложно отстроиться.

Как показывают последние исследования, наиболее эффективным способом обнаружения трещин на валах и осях в подступичных зонах за галтельными выступами является использование поверхностных волн Рэлея. При этом за галтельным выступом формируется суммарное акустическое поле трансформированной из волны Рэлея и нетрансформированной поперечных волн, падающих практически перпендикулярно на поверхность трещины. Сдвиговые деформации среды и малая длина обеспечивают высокую отражательную способность волны, даже тогда, когда трещина заполнена смазкой. При контроле рекомендуется использовать рабочие частоты преобразователя 3...5 МГц. Наилучшие результаты по техническим и метрологическим критериям в этом случае обеспечивают преобразователи на фазированных решетках, которые позволяют осуществлять секторное сканирование с различными диапазонами углов ввода и фокусировку ультразвукового пучка. При этом можно выбрать такой диапазон углов, в пределах которого обеспечивается настройка на максимальную амплитуду опорного сигнала, т. е. на максимальную эффективность возбуждения поверхностной волны, а также настройка, при которой в акустическом поле существенную энергетическую долю будет составлять сопутствующая поперечная подповерхностная волна, позволяющая выявлять дефекты по направлению ниже контактной плоскости объекта.

Перед проведением контроля необходимо выполнить частичный демонтаж оси с обеспечением доступа к его предподступичной поверхности для установки преобразователя. Секторное сканирование фазированной решеткой производится перемещением преобразователя по окружности оси на таком расстоянии от торца, при котором обеспечивается максимальная амплитуда сигнала в зонах вероятного нахождения дефектов. Для повышения чувствительности поверхностные волны должны направляться перпендикулярно выступам.

Для экспериментальных исследований были использованы стальные ступенчатые цилиндрические образцы с поверхностными пропилами различной глубины. В качестве оборудования применялись ультразвуковой дефектоскоп «Phasor XS» и линейная фазированная решетка с частотой 4 МГц и углом ввода 36° . Для смещения рабочих углов ввода использовался притертый клин из оргстекла с углом при вершине 24° .

В докладе представлены схемы прозвучивания, анализ акустического тракта и результаты исследований с поясняющими комментариями.

УДК 6:543.3:614.777:628.515:626.881:556.541:341

ПРИНЦИПЫ ПЕРЕХОДА УКРАИНЫ К ЕВРОПЕЙСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ СБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

В. И. УБЕРМАН

Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем

Л. А. ВАСЬКОВЕЦ

Харьковский политехнический институт

Харьков, Украина

В настоящее время в Украине продолжает действовать давно устаревшая и сохранившаяся с периода становления независимости (1996–1999 гг.) система регулирования сбросов загрязняющих веществ (ЗВ) с возвратной водой предприятий в водные объекты, основные принципы которой заложены в 1978–1991 гг. работами бывшего ВНИИВО (сейчас УКРНИИЭП), г. Харьков. Негативной особенностью этой системы является то, что её основные механизмы и элементы не соответствуют современному водному законодательству Украины: отсутствие базы целевых нормативов, противоречия между законодательными и подзаконными актами и др. В то же время государством определен курс на аппроксимацию экологического законодательства к законодательству ЕС, в частности, к требованиям Водной рамочной директивы ЕС 2000/60/ЕС (ВРД). В данной работе рассматриваются предложенные авторами принципы перехода регулирования сбросов ЗВ (РСЗВ) в структуре водопользования Украины к требованиям Европейского эколого-правового института качества вод и его регулирования (ЭПИКВР). Более конкретно, речь идет о подинституте нормативного регулирования поступления ЗВ (ПНРПЗВ) в водные объекты вследствие водопользования, т. е. с возвратной водой.

Главным инструментальным звеном украинского ПНРПЗВ служат нормативы предельно допустимого сброса (ПДС) ЗВ, устанавливаемые для каждого выпуска возвратной воды. Основным законодательным актом Украины в данной области является Водный кодекс Украины (ВКУ), в котором сформулированы определение и целевые требования к ПДС. Эколого-правовой анализ украинских подзаконных актов, связанных с ПДС, свидетельствует об их несоответствии как требованиям ВКУ, так и отечественным инженерно-техническим принципам очистки и отведения возвратных вод. Выявлены ошибки и недостатки нормативно-правовых актов украинского водного законодательства относительно ПДС, требующие неотложного устранения.

В настоящее время в Украине осуществляется переход к интегрированному управлению водными ресурсами на основании бассейнового принципа, предусмотренного ВРД. При этом в 2017 г. оказались затронутыми и базовые требования к разработке нормативов ПДС и к перечню ЗВ, сброс которых нормируется. К сожалению, и в ВКУ, и в соответствующем подзаконном акте полностью игнорируется предусмотренная экологическим законодательством ЕС категоризация ЗВ в соответствии с их свойствами и

источниками, отраженная в списочном механизме обращения с ЗВ: дифференциация ЗВ на приоритетные, опасные, специфические и другие. Такое упущение, на самом деле, отдаляет ПНРПЗВ и украинский ЭПИКВР от европейских требований и механизмов регулирования.

Наибольшие проблемы и несоответствия украинского РСЗВ требованиям европейского ЭПИКВР связаны с рассредоточением последнего как минимум по десяти основным актам природоохранной части *acquis communautaire* и нескольким руководящим документам ЕС. Разработаны принципы сближения, включающие его основные этапы, конкретизацию содержания, определение объема, последовательности заданий и требований по приведению водного законодательства Украины в соответствие с законодательством ЕС в части РСЗВ. Определено, что первоочередное сближение должно происходить с Директивой 2008/105/ЕС «О стандартах экологического качества в области водной политики» и Директивой 2010/75/ЕС «О промышленных выбросах (о комплексном предотвращении загрязнения и контроле над ним)».

Разработка нормативов ПДС ЗВ для отдельных сбросов выполняется на основании специального методического обеспечения (МО), которое, в свою очередь, нуждается в разработке. Предложено, чтобы главные инженерно-технические требования на всех этапах аппроксимации содержались в технических заданиях (либо требованиях) на создание МО. Соответствующее МО должно разрабатываться для каждого этапа аппроксимации по заказу отраслевого органа государственного управления в соответствии с указанными техническими заданиями (требованиями). В настоящее время можно выделить четыре таких основных этапа, первый из которых предполагает устранение большинства недостатков существующего украинского ПНРПЗВ. Второй и третий этапы связаны соответственно с частичной и полной имплементацией Директивы 2008/105/ЕС. Четвертый этап предполагает учет требований Директивы 2010/75/ЕС.

Экологическим содержанием задания для каждого этапа является строгое определение внешних (вход – выход) и процедурных требований к МО. Внешними требованиями определяются характер использования МО, исходные данные для определения ПДС и их выходные данные, расчетные условия о природных объектах и водопользовании. Процедурные требования регламентируют вычислительные и алгоритмические особенности МО: прямой счет, численное моделирование различных сценариев и т. п. Разработаны соответствующие требования для основных этапов аппроксимации. Главной особенностью указанных этапов является обеспечение перехода от современного украинского всеобщего регламентирования сбросов ЗВ посредством ПДС к реализации требований ВРД о наилучших доступных технологиях очистки и Директивы 2008/105/ЕС о возможности определения ПДС из характеристик зон смещения возвратных вод с водой водных объектов.

Предложены инженерно-экологические и эколого-правовые инструменты поэтапного перехода украинской охраны вод к европейской системе регулирования сбросов ЗВ, обеспечивающие аппроксимацию как к основным директивам водного сектора, так и к общим природоохранным требованиям законодательства ЕС.

УДК 620.179.142.6
МАГНИТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТОЛЩИНОМЕТРИЯ СЛОЯ НИКЕЛЯ
С ОСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТЬЮ ПОД СЛОЕМ ХРОМА

В. И. ШАРАНДО, Н. В. КРЕМЕНЬКОВА,
О. В. БУЛАТОВ, А. В. ЧЕРНЫШЁВ
Институт прикладной физики НАН Беларуси
Минск, Беларусь

Предприятиям, выпускающим жидкостные ракетные двигатели (ЖРД), необходимо контролировать толщину двухслойного хромоникелевого покрытия, защищающего камеру ЖРД от прогорания. При осуществлении контроля камеры на стадии приёмки толщину слоя никеля следует измерять под уже нанесённым на него слоем хрома. Такие измерения позволяют выполнять магнитодинамические толщиномеры. При этом точность измерений указанной толщины могут снижать пятна остаточной намагниченности никеля, обусловленные особенностями технологического процесса изготовления камер ЖРД.

В данной работе рассмотрено применение магнитодинамического преобразователя, отличающегося от типового, имеющего только один внутренний стержневой магнит, наличием внешнего кольцевого магнита, перемещаемого вдоль корпуса и фиксируемого в верхнем или нижнем крайнем положении. Его использование для контроля хромовых покрытий на никеле описано в работе «Магнитодинамическая толщинометрия слоя хрома на слое никеля с остаточной намагниченностью». При этом в случае фиксации в крайнем нижнем положении кольцевой и стержневой магниты создают суммарное поле, которое сильно намагничивает слой никеля под слоем хрома, устраняя случайную намагниченность. Измерения толщины никелевых покрытий проводят при закреплённом в нижней части преобразователя кольцевом магните (рис. 1).

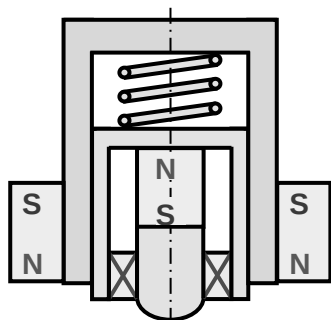


Рис. 1. Схема магнитодинамического преобразователя с кольцевым магнитом в его нижней части

Методика эксперимента состояла в измерении толщины никелевых покрытий, нанесённых на бронзовые основания и расположенных под имитаторами слоя хрома (неферромагнитными плёнками толщиной 48 и 199 мкм). Как и в вышеуказанной публикации, посвящённой толщинометрии хрома, каждый слой никеля приводился поочерёдно в три магнитных состояния: размагничивался в переменном поле соленоида и локально намагничивался приложением стержневого магнита диаметром 10 мм, изготов-

ленного из неодим–железо–бора и обеспечивающего остаточную намагниченность никеля в направлении, условно обозначаемом $\uparrow$ либо $\downarrow$.

Результаты измерений толщины никеля под хромом с поднятым (аналог типового преобразователя) и закреплённым в крайнем нижнем положении кольцевым магнитом представлены на рис. 2.

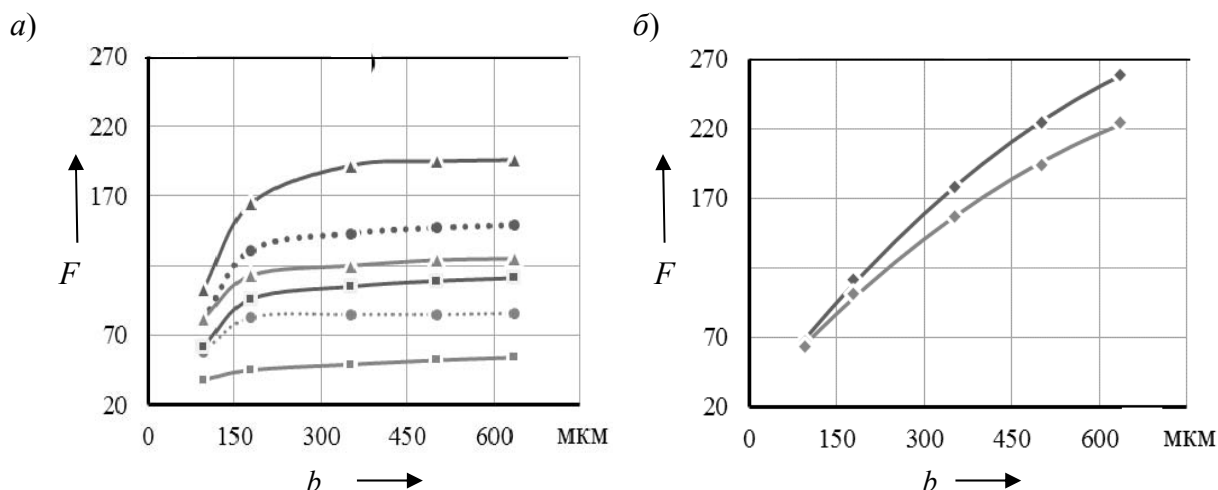


Рис. 2. Зависимость информативного сигнала F без подмагничивания (a) и после подмагничивания ($б$) закреплённым внизу преобразователя кольцевым магнитом от толщины b слоя никеля, расположенного под слоем хрома толщиной d , при разной намагниченности никеля: $\cdots \bullet \cdots$ и $\cdots \circ \cdots$ – никель размагничен; $-\triangle-$ и $-\triangle-$ – никель намагничен $\uparrow$; $-\blacksquare-$ и $-\blacksquare-$ – никель намагничен $\downarrow$; $-\diamond-$ и $-\diamond-$ – слившиеся кривые для никеля в любом из трёх магнитных состояний. Синий цвет соответствует $d = 48$ мкм, зелёный – $d = 199$ мкм

Без воздействия кольцевого магнита (a) наблюдается сильная зависимость результатов измерений от намагниченности никеля. Закреплённый в нижнем положении кольцевой магнит совместно со стержневым создаёт поле, многократно превосходящее по интенсивности поле типового преобразователя. Пятна остаточной намагниченности никелевого слоя устраняются даже при наличии на нём слоя хрома, о чём свидетельствуют две кривые для двух плёнок ($б$). Каждая кривая является результатом полного совпадения кривых, соответствующих размагниченным и поразному намагничённым никелевым покрытиям; одна из них связана с практически предельным для камер ЖРД значением толщины хрома $d = 200$ мкм, вторая близка к его минимально допустимой толщине. Это подтверждает возможность использования преобразователя с кольцевым магнитом для толщинометрии намагничённого слоя никеля под слоем хрома. Кроме того, применение сильного магнитного поля позволяет снизить чувствительность к хрому и резко повысить к никелю в области его больших толщин.

Совместным результатом настоящей и вышеуказанной работ является возможность создания толщиномера с единым преобразователем для комплексного измерения толщин никелевого и хромового слоёв.

УДК 620.179.142.6
МАГНИТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТОЛЩИНОМЕТРИЯ СЛОЯ ХРОМА
НА СЛОЕ НИКЕЛЯ С ОСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТЬЮ

В. И. ШАРАНДО, Н. В. КРЕМЕНЬКОВА,
О. В. БУЛАТОВ, А. В. ЧЕРНЫШЁВ
Институт прикладной физики НАН Беларуси
Минск, Беларусь

Для защиты от прогорания камер сгорания жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) используют двухслойные хромоникелевые покрытия. Толщина слоя хрома, нанесённого на слой никеля и непосредственно контактирующего с высокотемпературными продуктами сгорания топливной смеси, является одним из важнейших критериев качества покрытия камеры. Эту толщину можно измерить с помощью магнитодинамического преобразователя со стержневым магнитом, создающим относительно слабое поле [1, 2]. Однако при этом наличие случайных пятен остаточной намагниченности слоя никеля под слоем хрома может приводить к недопустимо большой погрешности измерений.

С целью уменьшения погрешности было предложено оснастить типовой магнитодинамический преобразователь внешним кольцевым магнитом, перемещаемым по вертикали и фиксируемым в крайнем верхнем или нижнем положении. При нижней фиксации кольцевой и стержневой магниты преобразователя создают суммарное поле, устраняющее исходную остаточную намагниченность слоя никеля под слоем хрома. После подъёма и фиксации кольцевого магнита в верхнем положении проводят обычное измерение, при этом слабое поле преобразователя обеспечивает высокую чувствительность его информативного сигнала к толщине слоя хрома и минимальное влияние на данный сигнал вариации толщины слоя никеля. Градуировку толщиномера и все измерения осуществляют при наличии нового пятна остаточной намагниченности, имеющего заданные параметры.

Для проверки работоспособности преобразователя с кольцевым магнитом (рис. 1) измерена толщина имитаторов слоя хрома (пяти полимерных плёнок), поочерёдно наложенных на два образца с никелевыми покрытиями, находящимися в разных магнитных состояниях. Одно из них состоит в полном размагничивании никелевых покрытий полем соленоида, подключённого к сети переменного тока, а два других достигнуты приложением к размагниченным никелевым покрытиям северного либо южного полюса стержневого магнита диаметром 10 мм из высококоэрцитивного материала (неодим–железо–бор), обеспечивающего в месте контакта остаточную индукцию до 5 мТл. Различие направлений намагничивания условно обозначено стрелками $\uparrow$ и $\downarrow$.

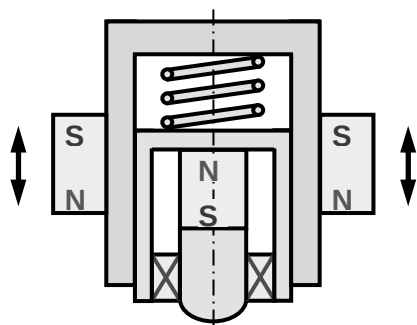


Рис. 1. Схема магнитодинамического преобразователя с подвижным кольцевым магнитом

Измерения проведены преобразователем с зафиксированным сверху кольцевым магнитом (аналог типового преобразователя) и после опускания и подъёма магнита. Результаты измерений представлены на рис. 2.

Из рис. 2 следует, что без применения кольцевого магнита (а) остаточная намагниченность слоя никеля оказывает сильное влияние на информативный сигнал. В случае применения указанного магнита (б) шесть линий, соответствующих разным магнитным состояниям никеля, сливаются в две линии, соответствующие двум никелевым покрытиям. Таким образом, применение кольцевого магнита позволяет устранить дополнительную погрешность измерений, обусловленную исходной остаточной намагниченностью никеля.

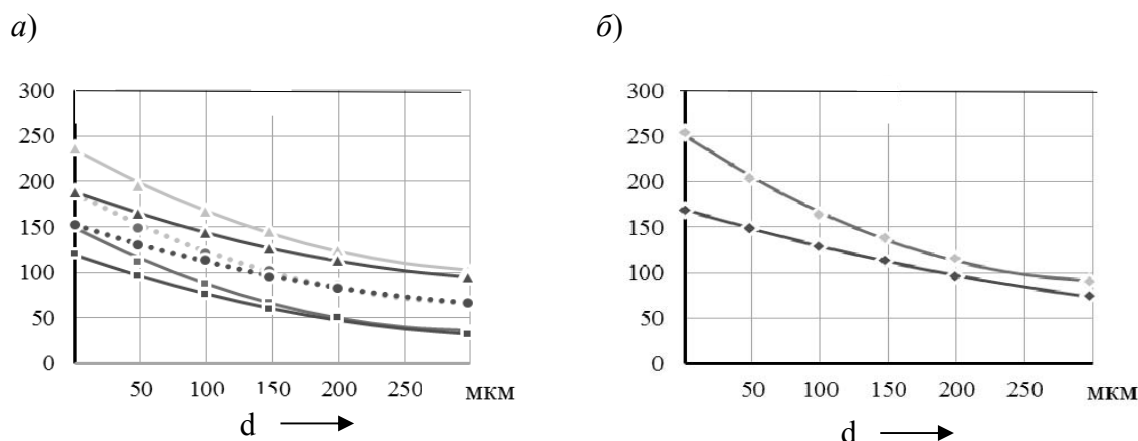


Рис. 2. Зависимость информативного сигнала F без подмагничивания (а) и после подмагничивания (б) опускаемым кольцевым магнитом от толщины d неферромагнитного слоя на слое никеля толщиной b при разной намагниченности никеля: $\cdots\bullet\cdots$ и $\cdots\circ\cdots$ – никель размагничен; $\blacktriangle$ – и $\blacktriangle$ – – никель намагничен $\uparrow$; $\blacksquare$ – и $\blacksquare$ – – никель намагничен $\downarrow$; $\blacklozenge$ – и $\blacklozenge$ – – слившиеся кривые для никеля в любом из трёх магнитных состояний. Коричневый цвет соответствует $b = 179$ мкм, сиреневый – $b = 636$ мкм

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лухвич, А. А. Возможности магнитодинамического метода контроля толщины двухслойных покрытий / А. А. Лухвич, О. В. Булатов // Дефектоскопия. – 2008. – № 10. – С. 26–34.
2. Лухвич, А. А. Возможности магнитодинамического метода контроля толщины покрытий с неоднородными свойствами (эксперимент) / А. А. Лухвич, О. В. Булатов, А. Л. Лукьянов // Дефектоскопия. – 2009. – № 11. – С. 46–53.

МАГНИТОГРАФИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СТЕНОК
ОСЕВЫХ КАНАЛОВ РОТОРОВ ТУРБИН

А. В. ШИЛОВ, А. В. КУШНЕР, В. А. НОВИКОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Осевые каналы роторов паровых турбин высокого и среднего давления имеют диаметр 95 и 130 мм и длину 6000 и 5500 мм соответственно. Для дефектоскопии поверхностного слоя стенки со стороны осевого канала на Лукомльской ГРЭС применяют магнитопорошковый метод контроля. Метод является индикаторным и требует тщательной и трудоемкой предварительной механической подготовки контролируемой поверхности. Поэтому на дефектоскопию одного объекта уходит около двух рабочих недель.

Для неразрушающего контроля указанных объектов был использован магнитографический метод, имеющий высокую производительность и экономичность. Он был реализован с помощью способа, при котором поверхностный слой стенки осевого канала намагничивают перемещаемым постоянным магнитом через уложенную на его поверхность магнитную ленту [1]. В этом случае на объект и магнитную ленту действуют как тангенциальная, так и нормальная составляющие внешнего магнитного поля. Высокая чувствительность метода объясняется значительной напряженностью магнитного поля в зоне дефекта при приближении к нему постоянного магнита, контролем в приложенном поле, а также равномерным намагничиванием магнитной ленты. Проведенные ранее исследования показали, что можно подобрать условия контроля, при которых от опасного дефекта (трещины, узкого несплавления) на экране дефектоскопа будет наблюдаться двуполярный сигнал, а от неопасного (углубления от поверхностных неровностей, риски и т. д.) – однополярный или несколько асимметричный однополярный сигнал.

Вначале для укладки магнитной ленты на контролируемый участок и перемещения постоянного магнита по ней использовали телескопическую алюминиевую трубу, на конце которой были закреплены направляющий и прижимной ролики. Однако оказалось, что в процессе перемещения магнит сползает с ленты, уложенной на контролируемую поверхность. Поэтому была разработана установка, в которой магнитная лента используется в качестве направляющей для перемещаемого магнита [2]. В состав установки входят два опорных узла и намагничивающее устройство. На опорных узлах находятся катушки с лесками, которые крепятся к проушинам основания намагничивающего устройства. Они позволяют перемещать магнит по поверхности ленты в двух направлениях. На одном

опорном узле закреплена расходная, а на втором – приемная кассета для ленты. Кассеты и катушки имеют тормоза, исключающие самораскручивание ленты и лески.

Намагничивающее устройство выполнено в виде основания с тремя проемами. В среднем проеме находится постоянный магнит с полюсным наконечником, рабочая поверхность которого выполнена эквидистантно контролируемой поверхности объекта, чтобы уменьшить рассеяние магнитного потока при намагничивании. Передний и задний проемы являются направляющими для магнитной ленты. Детали механизмов крепления ленты, перемещения магнита и основание намагничивающего устройства изготовлены из немагнитного материала.

Дефектоскопию поверхностного слоя стенки со стороны осевого канала ротора турбины осуществляли следующим образом. Вначале на торцевых поверхностях ротора отмечали зоны контроля (дуги длиной 30 мм). На этих участках осуществляли запись магнитного рельефа на ленту при дефектоскопии, причем ротор поворачивали так, чтобы каждый контролируемый участок находился в крайнем нижнем положении. При привязке к контролируемой поверхности объекта магнитную ленту крепили к торцам ротора постоянными магнитами. Опорные узлы устанавливали у входов в осевой канал ротора турбины. Вращая рукоятку катушки лески, перемещали намагничивающее устройство вдоль всего отрезка ленты, уложенной на контролируемый участок. Отрезок ленты с записью магнитного рельефа освобождали и сматывали в приемную кассету. При этом расходная кассета была поставлена на тормоз скольжения. Затем ротор поворачивали на такой угол, чтобы второй контролируемый участок находился в нижней части осевого канала симметрично относительно его вертикальной плоскости, и производили контроль. Аналогично контролировали остальные участки стенки со стороны осевого канала ротора турбины.

Запись с ленты считывали при помощи дефектоскопа. На дефектоскопию стенки осевого канала диаметром 95 мм ушло 2 ч, а диаметром 130 мм – 3,5 ч.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способ магнитографического контроля ферромагнитных изделий: пат. РФ 2154818 / В. А. Новиков. – Оpubл. 20.08.2000.
2. Намагничивающее устройство для магнитографической дефектоскопии стенок сквозных каналов: пат. ВУ 5447U / А. В. Шилов, А. В. Кушнер, В. А. Новиков, С. В. Перевязчикова, А. П. Мычик. – Оpubл. 30.08.2009.

А. В. ШУЛЬГА

Белорусско-Российский университет

Н. И. СТАСЬКОВ, Н. А. КРЕКОТЕНЬ

Могилевский государственный университет им. А. А. Кулешова

Могилев, Беларусь

В большинстве случаев наноразмерные планарные оптические структуры наносятся на плоскопараллельные стеклянные подложки, толщина которых $d \gg \lambda$ (λ – длина волны света). В такой ситуации необходимым условием корректного экспериментального определения характеристик структур является предварительное задание дисперсионных характеристик подложки. Наиболее точный метод определения таких характеристик – метод призмы. Однако технология получения подложки из определенного материала и ее физико-химическая обработка могут приводить к изменению оптических характеристик. На примере двух коммерческих кварцевых пластин ($d_1 = 3,0$ мм и $d_2 = 1,6$ мм) обсудим возможность определения универсальных параметров, которыми являются спектры показателей преломления $n(\lambda)$, прозрачных материалов. Эвристическая формула Селлмейера

$$n(\lambda) = \sqrt{1 + \frac{0,6961663\lambda^2}{\lambda^2 - 68,4043^2} + \frac{0,4079426\lambda^2}{\lambda^2 - 116,2414^2} + \frac{0,8974794\lambda^2}{\lambda^2 - 9896,161^2}} \quad (1)$$

во всем оптическом диапазоне интерполирует экспериментальный спектр показателя преломления диоксида кремния (стекла) [1]. Для УФ и видимой областей ($214 \text{ нм} \leq \lambda \leq 800 \text{ нм}$) формула (1) принимает вид

$$n(\lambda) = \sqrt{A + \frac{B\lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_0^2}}; \quad (2)$$

$$n(\lambda) = \sqrt{1,3006 + \frac{124,9290}{156,255 - \frac{1,5376 \cdot 10^{-6}}{\lambda^2} - i \frac{36,084}{\lambda}}}. \quad (3)$$

Параметры в формуле (2) для подложки ($d_2 = 1,6$ мм) определены численно по спектрам эллипсометрических углов ψ (кривая 1) и Δ (кривая 2), измеренным на спектральном эллипсометре UVISEL 2 (HORIBA) при угле падения $56,5^\circ$ (рис. 1, а). В результате отражения лучей на верхней и ниж-

ней поверхностях пластины падающий пучок делится на два пучка разной интенсивности. Выбор угла падения θ обоснован угловыми зависимостями, приведенными на рис. 1, в, амплитудного коэффициента отражения на границе раздела воздух – подложка (кривая 1), отражательной способности пластины (кривая 2) и разности фаз Δ (кривая 3). Изменение Δ на π вызвано скачком фазы амплитудного коэффициента отражения. При фотометрировании пучка меньшей интенсивности, который образуют лучи при отражении на нижней поверхности кварцевой пластины, и использовании электродинамической модели «слой – воздушная подложка» функция $n(\lambda)$ представлена кривой 1 на рис. 1, г. Ранее [2] методами спектроэллипсометрии (рис. 1, б) было показано, что при окислении кремниевой (КДБ12) подложки в сухом кислороде образуется слой ($d = 940$ нм) диоксида кремния. Его показатели преломления, рассчитанные с использованием дисперсионной функции Лорентца (3), приведены на рис. 1, г кривой 2. Считается [1], что плавленый кварц (стекло) является диоксидом кремния. Кривые на рис. 1, г существенно расходятся в УФ области спектра. Это может быть вызвано разной технологией получения кварцевой подложки и слоя диоксида кремния, состоянием структуры их поверхностных слоев и другими факторами.

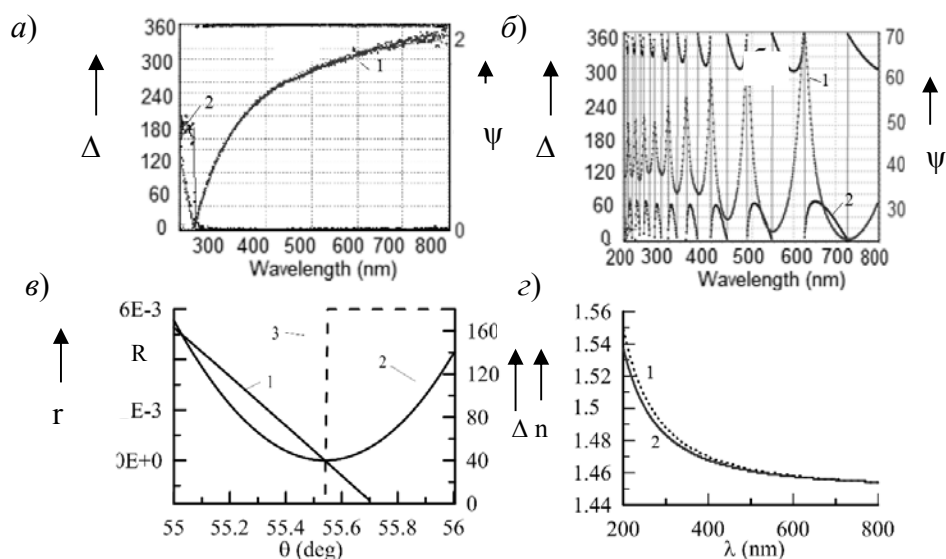


Рис. 1. Измеренные и рассчитанные характеристики подложки и слоя

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Palik, E. D.** Handbook of optical constants of solids / E. D. Palik // Academic press. – 1988. – 749 p.
2. **Стаськов, Н. И.** Аналитическое решение обратной задачи спектральной эллипсометрии для поглощающей подложки с диэлектрическим слоем / Н. И. Стаськов, А. В. Шульга // ЖПС. – 2016. – Т. 83, № 1. – С. 48–54.

УДК 621.3:658.34

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В ПЫЛЕВОЗДУШНЫХ
ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ

В. Н. АБАБУРКО

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В. Ч. КАНТОР

Департамент по надзору за безопасным ведением работ
в промышленности (ГОСПРОМНАДЗОР)
Минск, Беларусь

Доля взрывоопасных технологических производств с пылевоздушными взрывоопасными средами является относительно небольшой по сравнению с газовоздушными взрывоопасными средами (II группа по ТР ТС 012/2011). Однако встречаются они довольно часто. Наличие таких сред характерно для предприятий пищевой и деревообрабатывающей промышленности, а также для производственных участков покраски с применением порошковых красителей. Для указанных типов предприятий характерны следующие особенности:

1) неясная ситуация с классификацией и определением размеров взрывоопасных зон для конкретных производств, часто сопровождающаяся вообще отсутствием требуемых планов производств с указанием взрывоопасных зон пылевоздушных сред и иных документов;

2) большое количество устаревшего электрооборудования, используемого в пылевоздушных взрывоопасных средах, классифицированных в соответствии с требованиями ПУЭ шестого издания;

3) параллельное действие в рамках указанного выше технического регламента двух современных групп стандартов на взрывозащищенное электрооборудование для пылевоздушных зон: ГОСТ IEC 60079 и ГОСТ IEC 61241;

4) ограниченная номенклатура специально изготовленного и сертифицированного взрывозащищенного электрооборудования для применения в пылевоздушных средах, что при попытке минимизировать затраты часто приводит к не в полной мере обоснованному использованию для указанных зон оборудования, предназначенного для группы II или вообще без средств взрывозащиты;

5) слабая информированность проектных организаций об особенностях применения электрооборудования в пылевоздушных взрывоопасных средах: несовместимость некоторых видов взрывозащит электрооборудования для газовых взрывоопасных сред, учет типа взрывоопасной пыли, наличие парникового эффекта от увеличения толщины слоя пыли, расчет максимальной температуры поверхности электрооборудования, особенности применения устройств, излучающих различные виды энергии во взрывоопасную зону;

6) низкая культура эксплуатации, технического обслуживания и ремонта взрывозащищенного электрооборудования для применения в пылевоздушных средах.

Научно-исследовательская лаборатория «Взрывозащищенное электрооборудование» Белорусско-Российского университета, в рамках договора о сотрудничестве с Департаментом по надзору за безопасным ведением работ в промышленности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, для предприятий и организаций Республики Беларусь оказывает помощь и проводит:

1) выполнение классификации и определение пылевоздушных размеров взрывоопасных зон с последующим оформлением соответствующей документации;

2) информационную поддержку заинтересованных предприятий и организаций, включая специально разработанное программное обеспечение для идентификации и выбора маркировки взрывозащиты электрооборудования, выполненного по различным нормативным документам;

3) обучение и аттестацию лиц, занимающихся проектированием, эксплуатацией и ремонтом, монтажом и наладкой взрывозащищенного электрооборудования, систем управления и противоаварийной защиты для взрывоопасных зон;

4) разработку учебных программ для эксплуатационного электро-технического персонала заинтересованных предприятий;

5) сертификацию оборудования на соответствие требованиям ТР ТС 012/2011 для применения во взрывоопасных зонах, в том числе и с пылевоздушными средами.

Цель перечисленных работ – не только оптимизация затрат, связанных с проектированием и эксплуатацией электрооборудования для пылевоздушных зон, но и повышение уровня промышленной безопасности отмеченных выше производств.

УДК 621.3:658.34

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ВЗРЫВОЗАЩИТЫ И ИСПЫТАНИЯ ВЗРЫВОНЕПРОНИЦАЕМЫХ ОБОЛОЧЕК

В. Н. АБАБУРКО, П. Ф. НИКИТИН

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

А. В. КОХАН

Департамент по надзору за безопасным ведением работ

в промышленности (ГОСПРОМНАДЗОР)

Минск, Беларусь

Большинство силового взрывозащищенного электрооборудования, находящегося в эксплуатации на территории Республики Беларусь, имеет вид взрывозащиты «d» (взрывонепроницаемая оболочка). При проведении сертификации, технического обслуживания и ремонта взрывонепроницаемых оболочек необходимым является контроль их параметров взрывозащиты (ширины и длины зазоров всех взрывонепроницаемых поверхностей) на соответствие требованиям сертификата и действующим нормативным документам (ТР ТС 012/2011, ГОСТ 31610.0–2014, ГОСТ IEC 60079-1–2013, ГОСТ IEC 60079-17–2013, ГОСТ 31610.19–2014).

При этом необходимо решать следующие задачи:

1) анализ имеющейся технической документации на взрывонепроницаемую оболочку с целью определения возможности проведения адекватного исследования. При необходимости разрабатываются соответствующие методики контроля параметров взрывозащиты (для техобслуживания) или испытаний (для ремонта), включая программу испытаний, необходимую для проведения сертификации (определение давления взрыва, испытание на взрывоустойчивость и испытание на взрывонепроницаемость);

2) подбор требуемого метрологического оборудования в зависимости от цели исследования (сертификация, техническое обслуживание или испытание после ремонта) и параметров взрывонепроницаемой оболочки;

3) определение достоверных геометрических параметров взрывозащитных зазоров в зависимости от типа взрывонепроницаемого соединения на основе физического измерения или косвенной оценки (в случае отсутствия непосредственного доступа для метрологического инструмента);

4) определение предельных (критических) параметров взрывонепроницаемых зазоров с учетом уровня взрывозащиты и подгруппы

ВЗЭО, а также свободного внутреннего объема исследуемой оболочки, с оценкой допустимости использования исследуемой оболочки для защиты ВЗЭО;

5) составление программы гидравлических испытаний оболочки или ее частей в случае проведения ремонта;

6) разработка дополнительной документации для изготовления приспособлений, необходимых для проведения гидравлических испытаний отремонтированной оболочки;

7) обеспечение контроля выполнения дренажных и дыхательных отверстий во взрывонепроницаемых оболочках;

8) обеспечение фиксации состояния вводов во взрывонепроницаемую оболочку;

9) анализ состояния неметаллических частей взрывонепроницаемой оболочки;

10) указание на оболочке места для размещения клеймения прохождения гидравлических испытаний и расположения ремонтной таблички в соответствии с требованиями ГОСТ 31610.19–2014.

Научно-исследовательская лаборатория «Взрывозащищенное электрооборудование» Белорусско-Российского университета, в рамках договора о сотрудничестве с Департаментом по надзору за безопасным ведением работ в промышленности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (Госпромнадзором), выполняет решение всех вышеперечисленных задач для заинтересованных заказчиков, имеющих в эксплуатации взрывозащищенное электрооборудование с видом взрывозащиты «d». Указанные работы выполнялись на долгосрочной основе для ведущих предприятий нефтехимического комплекса Республики Беларусь (ОАО «Мозырский НПЗ», ОАО «Нафтан», РУП «Производственное объединение «Белоруснефть», ОАО «Гродно Азот» и др.), ОАО «Беларуськалий».

УДК 664.012
РЕГИСТРАЦИЯ ПРИЛОЖЕНИЙ В МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОЙ
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

И. В. АКИНШЕВА
Белорусско-Российский университет

В. А. ПАНТЮХОВ
Могилевский государственный университет продовольствия
Могилев, Беларусь

Целью исследования является разработка части web-приложения «community-app», предназначенного для регистрации множества web-приложений в многопользовательской системе. Назначение проекта состоит в получении информационной платформы, которая объединяла бы все созданные web-приложения внутри IT-компании на основе информационно-обучающей конкурентной среды.

Данное web-приложение предоставляет всем приложениям, зарегистрированным в нем, общую систему API, общую модель регистрации и авторизации, общую статистику по каждому приложению. В рамках «community-app» велась разработка единой системы авторизации, системы смены пароля и системы сбора статистических данных с зарегистрированных web-приложений.

Разработанное web-приложение относится к Single Page Application (SPA) приложениям. SPA – это web-приложение или web-сайт, использующий единственный HTML-документ в качестве оболочки для всех web-страниц и организующий взаимодействие с пользователем через динамически подгружаемые HTML, CSS, JavaScript, посредством технологии AJAX. SPA исполняются в рамках браузера, а не в собственном процессе операционной системы.

В разработанной многопользовательской системе регистрации и авторизации реализованы следующие этапы: разработка React компонентов-форм для реализации пользовательского ввода; создание механизма валидации пользовательского ввода со стороны «клиента»; создание механизма отправки запроса с данными пользователя на сервер и отображение состояния ожидания результата посредством добавления системы уведомлений пользователя; создание контроллера обработки запросов, направленных на регистрацию и авторизацию пользователя; создание таблицы пользователей с уникальными идентификаторами; создание механизма валидации на сервере; зашифровка пароля при регистрации и сохранение пользователя в базе данных, при подтверждении уникальности e-mail-а, и возвращение вновь созданного токена (авторизации) пользователю, который затем будет использован для обращения к защищенным API; расшифровка пароля пользователя из базы данных и возвращение

пользователю токена для обращения к защищенным API; сохранение токена пользователя в глобальном хранилище состояния web-приложения (здесь таковым является «redux-store»).

Для организации функции смены пароля, при условии, что пользователь знает свой предыдущий пароль, были реализованы следующие этапы: разработаны на основе React компоненты форм для реализации пользовательского ввода; создан механизм валидации пользовательского ввода со стороны «клиента»; создан механизм отправки запроса с данными пользователя на сервер и отображение состояния ожидания результата, посредством добавления системы уведомлений пользователя; создан контроллер обработки запроса для смены пароля пользователя; организована расшифровка пароля текущего пользователя и его сопоставление с паролем из базы данных; реализован механизм замены пароля из таблицы новым, введенным пользователем, паролем с предварительной зашифровкой и вывод уведомления об успешном изменении пароля.

При реализации механизма передачи статистических данных от зарегистрированного приложения к «community-app» необходимо было унифицировать данные, которые каждое зарегистрированное приложение будет передавать обратно в «community-app». Для этих целей была создана и опубликована библиотека под названием «community-layer», содержащая логику передачи статистических данных, представленных в единой форме.

Последняя задача состояла в том, чтобы организовать сбор статистических данных с зарегистрированного приложения. Алгоритм решения данной задачи был разделен на следующие этапы: подключение и настройка «community-layer» в зарегистрированном приложении; сохранение статистических данных в оперативной памяти на каждой итерации жизненного цикла стороннего приложения; реализация post-запроса при завершении жизненного цикла стороннего приложения с выводом результатов через «community-layer»; создание таблицы «statistic» в «community-app»; обработка полученных статистических данных и их запись в таблицу; создание таблицы компонентов со стороны «клиента»; реализация клиент-серверного запроса статистических данных с последующим уведомлением пользователя; выполнение функции сортировки по убыванию от пользователя с наибольшим количеством очков к пользователю с наименьшим количеством очков; визуальное отображение статистических данных текущего пользователя с помощью d3.js в виде трехмерного графика: где OX – дни недели, OY – процент выполнения, OZ – среднее количество очков.

Все описанные задачи были выполнены, оптимизированы и успешно протестированы, данное приложение было опубликовано в сети Интернет по адресу: <https://github.com/js-machine/community-app>. В данный момент работа над проектом ведется со стороны ИООО «ЭПАМ Системз».

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ СВЯЗИ
ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ДИСЦИПЛИН

И. А. БЕККЕР, Е. Д. ГАПОНЕНКО, А. М. АНДРЕЕВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

*Кроме специальных понятий, принадлежащих
каждой науке в особенности, есть понятия, общие
многим, а иные и всем наукам.*

К. Д. Ушинский

Междисциплинарные связи в преподавании и обучении являются фундаментом формирования системных знаний специалиста и планируются с учетом того, что наиболее важные темы и аспекты знаний должны рассматриваться и изучаться с разных сторон, с использованием различных методик и подходов, разнообразных инструментов, предоставляемых той или иной областью науки. Многие науки пересекаются или же имеют один объект изучения, только с различных точек зрения. Например, астрономия и астрология изучают небесные тела (объект изучения), только для астрономии предметом рассмотрения являются их возникновение и развитие, а для астрологии – их влияние на судьбу человека.

Системный анализ и теория систем имеют объектом изучения сложные системы. Теория систем изучает функционирование систем, это «наука о системах». Системный анализ – это наука, изучающая общие принципы и методы исследования сложных систем и решения сложных проблем. Причем эти проблемы имеют междисциплинарный характер, но при этом они являются задачами оптимизации. Системный анализ предоставляет экспертные методы решения оптимизационной проблемы, они используются для решения неструктурированных задач. В системном анализе существуют такие методы, как построение модели, анализ и синтез, композиция и декомпозиция, кластеризация.

В обучении будущих инженеров-программистов важное место занимают дисциплины «Системный анализ», «Исследование операций», «Методы оптимизации», развивающие системный подход и дающие методологию решения оптимизационных проблем.

Задача оптимизации как в безусловной, так и в условной постановке очень популярна в прикладной математике. Исследование операций как наука изучает методы оптимизации задач линейного и нелинейного программирования, динамического программирования, задач теории игр, теории систем массового обслуживания. Исследование операций решает хорошо структурированные задачи строго математическими методами.

Дисциплина «Методы оптимизации» решает в большей мере задачи безусловной оптимизации через нахождение их приближенного значения методами нулевого, первого и второго порядков. Интересно, что разные методы оптимизации имеют разную эффективность, в зависимости от оптимизируемой функции и начального приближения.

Дисциплины оптимизации преподаются студентам специальностей 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», 09.03.04 «Программная инженерия», 1-53 01 02 «Информатика и вычислительная техника» после изучения основного курса высшей математики и информатики.

Взаимоотношение дисциплин оптимизации и предшествующие дисциплинарные связи с учетом порядка изучения можно изобразить в виде многослойной пирамиды (табл. 1–3), где нижний уровень имеет смысл «фундамента» для дисциплин оптимизации.

Табл. 1. Связи дисциплин оптимизации, специальность 09.03.04

Методы оптимизации. 3 курс, 5 семестр		Исследование операций. 4 курс, 8 семестр
		Системный анализ. 3 курс, 5 семестр
Математика. 1 курс	Информатика. 1 курс, 1 семестр	Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы. 2 курс, 3 семестр

Табл. 2. Связи дисциплин оптимизации, специальность 09.03.01

Методы оптимизации. 3 курс, 5 семестр		Системный анализ. 3 курс, 5 семестр
Математика. 1 курс	Информатика; Компьютерные информационные технологии. 1 курс, 1 семестр	Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы. 2 курс, 3 семестр

Табл. 3. Связи дисциплин оптимизации, специальность 1–53 01 02

Системный анализ и исследование операций. 2 курс, 3-4 семестры		Теория вероятностей и математическая статистика. 2 курс, 4 семестр
Математика. 1 курс		Основы алгоритмизации и программирования. 1 курс

И. А. БЕККЕР, Е. Д. ГАПОНЕНКО, А. М. АНДРЕЕВ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Электронные средства обучения являются необходимым компонентом электронного учебно-методического комплекса дисциплины и обеспечивают самостоятельную и дистанционную работу обучающихся, а также выполняют обучающую, корректирующую, а иногда и контролирующую знания функцию.

Web-проект «Методы оптимизации» фактически объединяет два обучающих сайта – по дисциплинам «Методы оптимизации» и «Исследование операций». Сайты выполнены в виде «решебников», т. е. позволяют изучить использование оптимизационного метода на конкретном примере или пошагово проверить решение задачи, а также содержат теоретические пояснения по сути метода.

Модули разработаны студентами групп ПИР-161 и АСОИ-161 под руководством старшего преподавателя кафедры АСУ И. А. Беккер. Проведен этап тестирования. Положительно рассмотрен вопрос внедрения сайта в учебный процесс. В будущем возможно расширение проекта, добавление «решебников» по другим методам оптимизации, снятие некоторых ограничений на входные данные, обусловленные особенностями применяемого авторского алгоритма или спецификой использованных программных библиотек.

Web-модуль «Методы условной оптимизации» предлагает для изучения графический и симплексный методы решения задачи линейного программирования (ЗЛП), метод потенциалов решения транспортной задачи (рис. 1 и 2).

В методе решения ЗЛП графическим методом в качестве входных параметров указывается количество ограничений. После чего в зависимости от введенных значений выводится и заполняется шаблон целевой функции и ограничений. В модуль интегрирован фреймворк для построения динамических графиков.

При использовании методов «северо-западного угла» и потенциалов решения транспортной задачи в качестве входных параметров указывается количество поставщиков и количество потребителей, затем формируется таблица, в которую пользователь вводит стоимости перевозок, количество запасов и заказов. Методом «северо-западного угла» выполняется подробное нахождение опорного решения, затем оно становится входными данными для метода потенциалов нахождения оптимального решения.

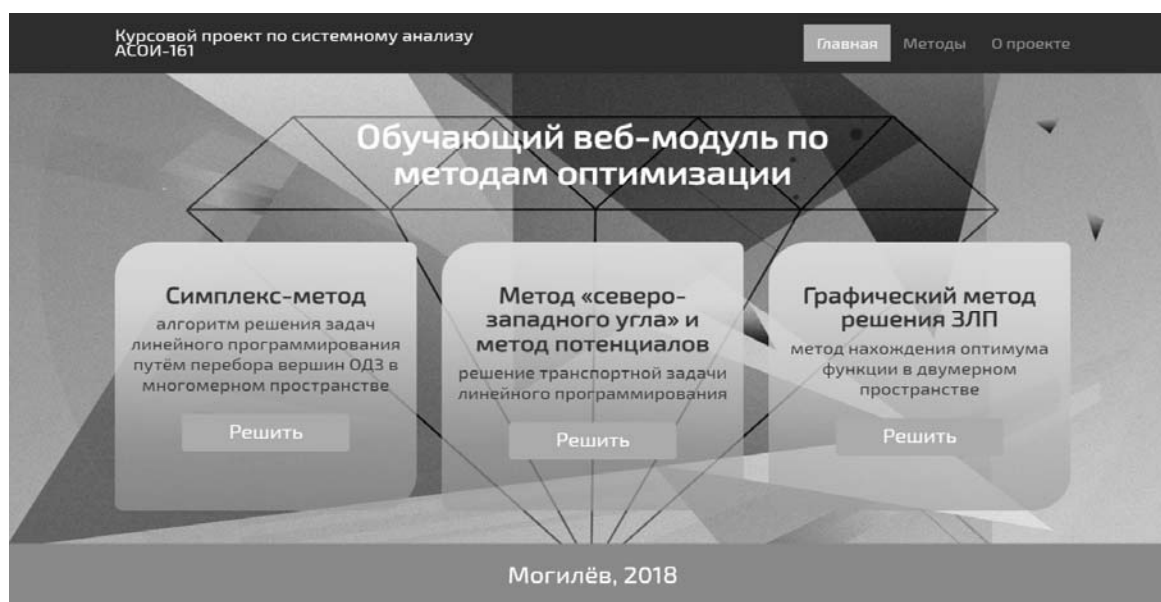


Рис. 1. Домашняя страница сайта «Методы условной оптимизации»

Симплексный метод решения задач линейного программирования

Решает задачу линейной оптимизации, заданную в расширенной симметричной форме (целевая функция может быть направлена как на максимум, так и на минимум; все ограничения заданы как неравенства)

1	x1 +	1	x2 +	0	max
2	x1 +	3	x2	≤	8
3	x1 +	6	x2	≤	10

Исходя из условий задачи составляем симплексную таблицу. В первую строку заносятся коэффициенты целевой функции, причем, если функция максимизируется, то коэффициенты берутся с противоположным знаком. Далее заносятся коэффициенты ограничений, причем, если у неравенств знак $\geq$, то коэффициенты также берутся с противоположным знаком:

Рис. 2. Задание коэффициентов и вида ограничений в ЗЛП

Web-модуль «Методы безусловной оптимизации» объединяет методы Ньютона, Пауэлла, Нелдера-Мида, наискорейшего градиентного спуска.

На всех этапах работы программы предусмотрена обработка ошибок, начиная от проверки валидности входных данных и заканчивая неожиданными исключениями во время вычислений.

Е. М. БОРЧИК, Е. А. КАМИНСКИЙ, И. А. МАЛИНОВСКИЙ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Рассмотрен технологический процесс (ТП) производства готовой продукции (тканей), представленный в виде взвешенного ориентированного ациклического графа, вершинами которого являются технологические режимы (ТР). Нагрузки на дуги графа в общем случае многомерны (стоимости ресурсов, временные затраты). Таким образом, для каждой i -й технологической операции ТП определены нормы расхода времени, затрачиваемого на обработку заданного количества продукции $T_i = (t_{i1}, \dots, t_{iM_i})$, $t_{ij} \in R$, $i = 1, \dots, n$, $j = 1, \dots, M_i$, $n, M_i \in N$ (рис. 1).

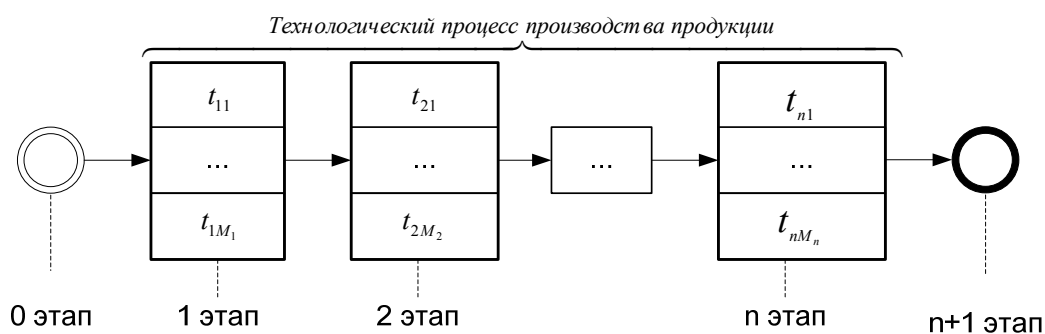


Рис. 1. Нормы расхода времени для операций

Задача многокритериальной оптимизации ТП может быть решена с использованием метода динамического программирования. В настоящей работе рассмотрено решение задачи моделирования движения транспортных потоков с продукцией между объектами (ТР с оборудованием) производственной линии предприятия ОАО «Моготекс» с использованием среды для программного моделирования природных и социальных явлений NetLogo [1].

NetLogo подходит для моделирования процессов в реальном времени, позволяя одновременно работать десяткам и сотням агентов, имеет собственный интуитивно понятный язык программирования. NetLogo содержит несколько типов агентов: черепахи, патчи, ссылки и наблюдатель. Наблюдатель является отдельным агентом, который «видит» весь «мир» Netlogo (черепах, ссылки и патчи) и используется для запуска основных частей программы, которые представлены кнопками со ссылками [2].

Схему движения транспортных потоков с продукцией в NetLogo условно можно представить в виде следующей конструкции (графа), представленной на рис. 2.

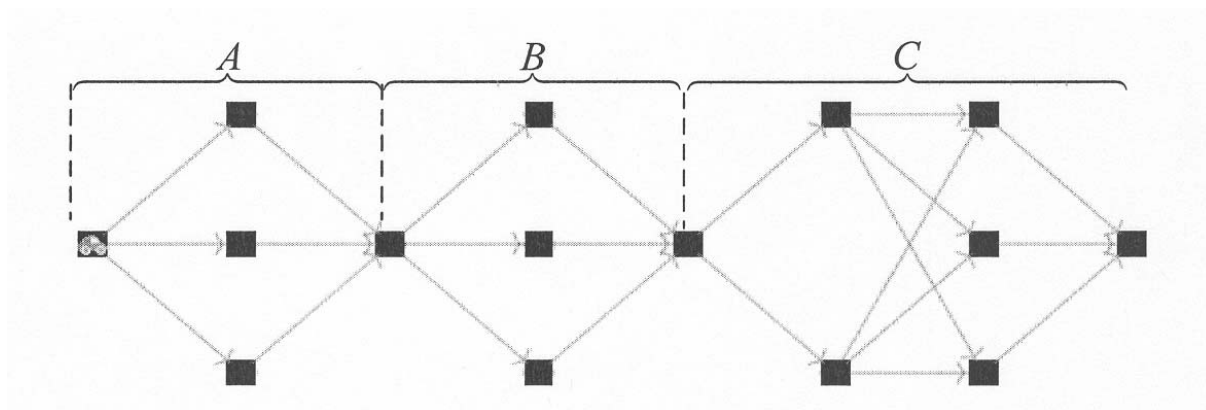


Рис. 2. Граф-схема движения транспорта

На каждую из дуг данного графа можно воздействовать, меняя ее вес, следовательно, изменяя оптимальный маршрут. Для наглядности возможно одновременное движение от одного до трёх автомобилей. При увеличении числа автомобилей они будут пользоваться маршрутами, проложенными их предшественниками. Планирование движения начинается с определения самого короткого маршрута. Условно можно разделить маршрут на три этапа «А», «В», «С» (см. рис. 2), разделённые узлами, через которые автомобилям в любом случае необходимо пройти.

Таким образом, определение самого оптимального маршрута сводится к определению самого короткого участка на каждом из этапов. В дальнейшем этот участок считается занятым и может использоваться только, если все альтернативные маршруты заняты. Определение наименьшей из дуг проводится при помощи специально написанных методов. Движение осуществляется при помощи так называемых ticks – условных отрезков времени. Предполагается, что за один tick автомобиль проходит дистанцию, равную одной условной единице расстояния. Также использование ticks позволяет визуализировать движение автомобиля по маршруту, перемещая иконку транспорта по ребру графа каждый интервал времени. В финале маршрута результат поиска оптимального пути выводится в виде количества ticks, которые потратил автомобиль на прохождение своего маршрута.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт NetLogo [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/docs/>. – Дата доступа: 03.02.2019.
2. **Berryman1, M. J.** Tutorials on Agent-based modelling with NetLogo and Network Analysis with Pajek [Электронный ресурс] / M. J. Berryman1, S. D. Angus. – Режим доступа: https://ccl.northwestern.edu/papers/2010/chapter_ABm_NA.pdf. – Дата доступа: 03.02.2019.

УДК 681.586.72

О НЕОБХОДИМОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕТЕРМИНИРУЕМОЙ ЗАЩИТЫ СИЛОВЫХ ЦЕПЕЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Г. В. БОЧКАРЕВ, В. А. ЛАПИЦКИЙ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Элементы, обеспечивающие защиту силовых цепей современных полупроводниковых преобразователей, можно разделить на элементы, выполняющие функцию ограничения электрических координат и их производных, и элементы, выполняющие функцию релейного отключения электроустановки или её части.

Анализ эксплуатации современных систем автоматизированного электропривода с полупроводниковыми преобразователями показывает, что при правильном построении аппаратной части и алгоритмах работы системы управления технологические перегрузки элементов силовой части почти исключаются. Таким образом, исключается переход технологических перегрузок силовых цепей преобразователя к аварийным режимам, а следовательно, обеспечивается детерминируемая защита на уровне оценки средних и действующих значений электрических координат.

В том случае, когда аварийный режим работы силовой цепи преобразователя формируется из-за наличия дефектов элементов либо воздействия внешних факторов, используются быстродействующие элементы релейного отключения. Эффективность работы данных элементов определяется характером аварийного режима и во многих случаях является очень низкой.

Для исключения вышеуказанных аварийных режимов необходимо определять и наблюдать состояние дефектных элементов в силовых цепях преобразователей на уровне мгновенных значений электрических координат. Такой подход позволяет выполнить отключение силовой цепи до наступления аварийного режима работы, т. е. обеспечить детерминированную защиту преобразователя.

В ряде работ предлагается обработка информации по результатам измерений с целью определения температуры полупроводниковых p – n -переходов для оперативного отключения элемента. Для повышения точности работы таких систем защиты предлагается определять причинно-следственную связь между основными электрическими координатами и температурным состоянием p – n -переходов.

УДК 004.94

СОЗДАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ НА БАЗЕ СИСТЕМЫ ZULUGIS

А. В. ВЕНБЕРГ, И. С. ТИМКОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Геоинформационные системы находят применение практически в любой сфере трудовой деятельности человека. Не исключением здесь является и энергетика. Связанные с географическим положением данные пронизывают все стадии деятельности в сфере энергетики: от полевых разведочных работ, создания и развертывания инфраструктуры, генерации, транспортировки (передачи) и до сбыта энергии. Традиционно в Белорусской энергосистеме используются системы паспортизации объектов электрических и тепловых сетей с привязкой к местности от различных разработчиков: система паспортизации распределительных электрических сетей, система паспортизации высоковольтных электрических сетей, система паспортизации тепловых сетей.

В отличие от стандартных ГИС, главной задачей которых является визуализация различных объектов на местности, для ГИС энергетики приоритетной функцией является выполнение математического моделирования и расчетов различных физических параметров, например, напряжения и тока в электрической сети, давления и температуры воды в тепловой сети и пр.

В последние несколько лет к указанным системам добавились системы GPS-мониторинга автотранспорта. Наряду с тем, что каждая из данных систем соответствует предъявляемым требованиям и выполняет возложенные на нее задачи, использование их в комплексе крайне проблематично, т. к. при решении различных задач пользователям ГИС, например, диспетчеру энергосистемы, постоянно приходится переключаться между несколькими системами.

В итоге в РУП «Могилевэнерго» возникла задача интеграции информации из вышеназванных систем в полноценной геоинформационной системе – ГИС энергетики, в качестве которой была выбрана инструментальная геоинформационная система ZuluGIS (рис. 1) компании «Политерм» (г. Санкт-Петербург) [1].

В процессе разработки технического задания на построение интегрированной ГИС энергетики добавились новые задачи: создание схемы кабельных электрических сетей подземной прокладки; создание схемы ведомственных сетей связи; контроль мобильных сотрудников.

Рассмотрим более подробно создание слоя для контроля мобильных сотрудников, с помощью которого будет осуществляться отслеживание

маршрутов перемещения сотрудников компании в рабочее время, направленных на определенный объект, в частности, для обхода бытовых абонентов электрической энергии.

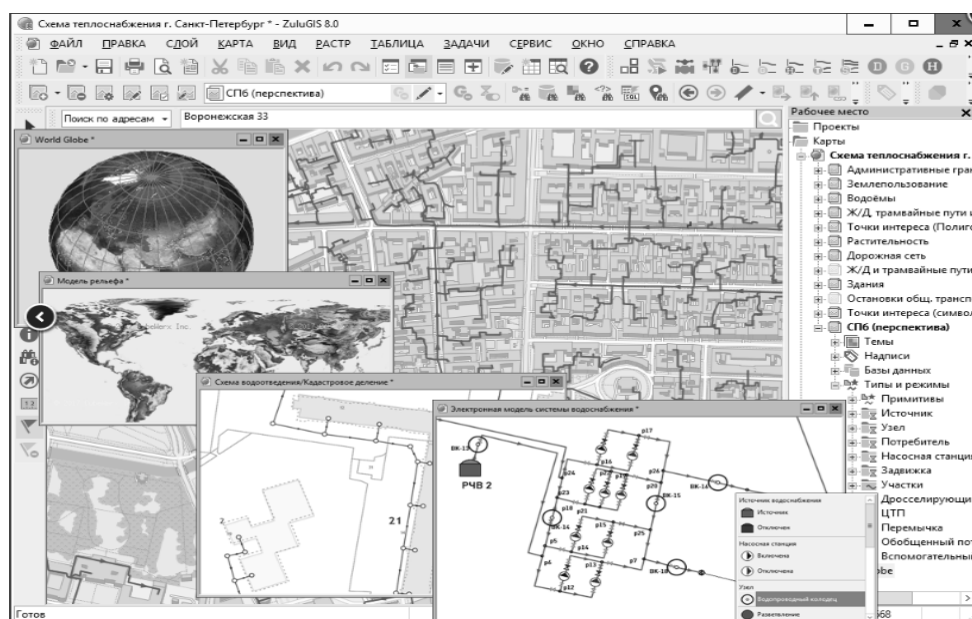


Рис. 1. Геоинформационная система ZuluGIS

Данное решение будет разработано на языке C# по следующей архитектуре:

- мобильное клиентское приложение на базе операционной системы Android, которое при взаимодействии с GPS-приёмником мобильного устройства обеспечит определение текущего местоположения и скорость передвижения устройства, запись информации о местоположении устройства либо в память самого устройства (например, при отсутствии подключения к сети Интернет), либо передачу на сервер компании для записи в базу данных;

- модуль ГИС ZuluServer, который обеспечит отображение в соответствующем слое системы ZuluServer текущего местоположения всех зарегистрированных мобильных устройств. На основе выборки данных также можно будет отображать траекторию передвижения выбранного сотрудника за требуемый период.

Сотруднику будет необходимо иметь при себе мобильное устройство с установленным клиентским приложением, подключением к сети Интернет и включенным GPS-приёмником.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информационный портал компании Политерм / ООО «Политерм» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.politerm.com/>. – Дата доступа: 11.02.2019.

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ
ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

А. В. ВЕНБЕРГ, В. В. ШУМАНСКИЙ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Технологии дистанционного обучения позволяют доставлять до обучаемого всю необходимую информацию удобным для него способом, интерактивно взаимодействовать с преподавателем, предоставляют возможность изучать материалы в любое время в любом месте, контролировать процесс обучения на любой его стадии. При этом в развитии современной системы образования прослеживается тенденция, согласно которой преподаватель уже не является только источником информации, а в первую очередь должен быть координатором развития обучающихся. Другими словами, дистанционное обучение – это самостоятельная форма обучения, при которой взаимодействие учителя и учащихся, учащихся между собой осуществляется на расстоянии и отражает все присущие учебному процессу компоненты (цели, содержание, методы, организационные формы, средства обучения), реализуемые специфичными средствами интернет-технологий или других интерактивных технологий [1].

Дистанционное обучение можно применять в самых различных областях. В рамках данной работы будет рассматриваться использование дистанционного обучения для обучения работников. Современный работник должен постоянно повышать свою квалификацию, ему, скорее всего, придется несколько раз в жизни менять свою специальность, проходить профессиональную подготовку и переподготовку. Качественная подготовка персонала, повышение квалификации и профессионального мастерства рабочих и специалистов всех уровней является залогом надежной и стабильной работы предприятия, а также высокого уровня охраны труда и техники безопасности.

Законодательно определено, что повышение квалификации специалистов должно осуществляться не реже 1 раза в 5 лет [2], но на практике даже это требование часто ограничивается категорией производственного персонала, для которого регулярное повышение квалификации предписано нормативными документами по охране труда.

На сегодняшний день в РУП «Могилевэнерго» деятельность по подготовке персонала осуществляет филиал «Учебный центр», который в настоящее время внедряет технологии электронного дистанционного обучения. В качестве платформы дистанционного обучения была выбрана система «1С: Электронное обучение. Корпоративный университет» [3], в состав которой входит встроенный конструктор электронных учебных

курсов и тестов. В рамках решения поставленной задачи предстоит осуществить разработку большого количества учебных курсов.

Таким образом, целью данной работы является разработка учебного курса по теме «Организация безопасного производства работ грузоподъемными кранами» в соответствии с заданной учебной программой. Учебная программа разработана с учетом знаний и профессиональных умений слушателей, имеющих высшее или среднее специальное образование и опыт работы на производстве по основной специальности, и определяет объем, содержание учебного материала и последовательность его изучения. Программа предусматривает теоретическое обучение в форме уроков ежедневно по 8 академических часов с отрывом от производства и рассчитана на 40 часов, включая итоговую аттестацию. Обучение заканчивается итоговой аттестацией в форме экзамена с выдачей свидетельства о повышении квалификации и удостоверения установленного образца.

Разработка электронного учебного курса позволит упростить процесс обучения работников, собрав всю необходимую по курсу информацию в одном месте. Для удобства использования данная информация будет структурирована, а также будут добавлены механизмы проверки знаний обучающихся в виде тестирования и/или пробного экзамена. Также будет иметься возможность доступа и прохождения данного учебного курса через сеть Интернет. Наличие электронного учебного курса позволит сократить время лекционных занятий непосредственно в Учебном центре за счет самостоятельного его изучения без отрыва от производства.

В перспективе, после дистанционного прохождения курса обучения работнику будет достаточно приехать в Учебный центр для прохождения итоговой аттестации. В результате выполнения данной работы ожидается уменьшение временных и стоимостных затрат на обучение работников и, как следствие, появляется возможность прохождения обучения большим количеством работников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Вайндорф-Сысоева, М. Е.** Методика дистанционного обучения : учебное пособие для вузов / М. Е. Вайндорф-Сысоева, Т. С. Грязнова, В. А. Шитова ; под общ. ред. М. Е. Вайндорф-Сысоевой. – Москва : Юрайт, 2017. – 194 с.

2. Трудовой кодекс Республики Беларусь от 26 июля 1999 г. № 296-З: с изм. и доп. // Эталон-Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2014.

3. 1С. Электронное обучение. Корпоративный университет / ООО «1С» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://v8.1c.ru/elocorp/index.htm>. – Дата доступа: 15.02.2019.

УДК 621.398
СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ IT-ПРОЕКТАМИ

Н. В. ВЫГОВСКАЯ, В. М. ПРУДНИКОВ, С. А. СИДОРЕНКО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Разработка современных IT-проектов, как правило, требует привлечения большого количества участников. Каждый из участников решает свою задачу в рамках общего единого проекта. При этом, возникает необходимость просматривать и учитывать результаты работы других участников и объединения их для создания целостного конечного проекта.

В процессе подготовки проекта разработчикам приходится неоднократно возвращаться к предыдущим версиям создаваемых файлов. С этой целью используются системы контроля версий, или vcs.

В этом случае перед разработчиками возникает проблема выбора – какая из систем контроля версий наилучшим образом может подойти для вашего проекта?

Сравним несколько известных решений: система одновременных версий (CVS), Apache Subversion (SVN), Mercurial и Git. У каждой из систем есть свои особенности, преимущества и недостатки. Выбор разработчика определяется операционной системой, классом решаемых задач, доступностью системы, количеством участников проекта, хостингом для размещения, экономическими критериями.

CVS является одной из наиболее ранних систем и создавалась с целью избегания конфликта версий. В настоящее время CVS поддерживает разработку проектов с разными ветками кода. В итоге имеем несколько вариантов продукта с разными характеристиками, которые объединяются позже в финальном проекте.

CVS обычно работают под управлением Unix, но разработана также версия CVS для Windows.

Существенными недостатками CVS являются: нет контроля за переименованием и перемещением файлов; дорогостоящие операции с ветками программного кода; нет долгосрочной поддержки проектов с ветками кода.

SVN разрабатывалась, как совместимая с CVS, и для исправления ее недостатков. Код в SVN защищен от беспорядочных правок, которые конфликтуют между собой и вызывают ошибки. SVN используется для более крупных проектов, отличающихся ветвлением кода и многими направлениями разработки.

К недостаткам SVN относятся: невысокая скорость; как и в CVS, сохраняются ошибки при переименовании файлов и директорий; недостаточный набор команд для операций с репозиторием.

Mercurial создавалась под Linux как альтернатива Git. Система контроля версий Mercurial написана на Python, ориентирована, главным образом, на Python-программистов, относительно легче в освоении, имеет распределенную модель системы контроля версий.

Недостатки Mercurial: отсутствует возможность для слияния двух родительских веток; ограничены возможности неординарных решений.

Git исходно была разработана под Linux и имеет существенные отличия от CVS и SVN. Одно из основных требований к разработке Git – создание более быстродействующей распределенной системы контроля версий, чем CVS. Несмотря на то, что наиболее быстро Git работает под Linux, она также может работать на Windows и на Unix-подобных системах (например, MacOS). Программный код доступен даже на компьютере без репозитория. В Git предусмотрен большой набор инструментов для навигации по журналу изменений, в котором содержится вся история разработки. Преимуществами также являются: распределенная, пиринговая модель; недорогие операции с ветками кода.

Благодаря своим превосходным характеристикам и неоспоримым преимуществам именно vcs Git используется в большинстве ведущих IT-фирм по разработке программного обеспечения. Возможность бесплатного использования большим числом пользователей делает ее привлекательной для студентов. Таким образом, целесообразно внедрение Git в учебный процесс.

В настоящее время система контроля версий Git уже используется студентами специальности АСОИ в дисциплине «Объектно-ориентированное программирование», которая проводится на филиале ЕРАМ-systems. Также планируется применение системы Git в дисциплине «Технологии интернет-программирования» для анонсирования курсовых проектов и в других целях.

Установка Git производится с бесплатного интернет-ресурса <https://git-scm.com/downloads>. Для удобства работы с Git можно использовать не только командную строку, но и графический интерфейс.

Другим полезным фактором использования данной системы контроля версий Git является возможность бесплатного хостинга на GitHub. GitHub Pages предоставляет возможность разместить один сайт для аккаунта и подключить свой домен бесплатно, для чего нужно создать репозиторий с именем пользователя.

Хостинг сайта основан на ветке master git-репозитория. Каждый коммит в master приводит к его обновлению. Поэтому разработку и тестирование лучше проводить в отдельной ветке и потом через pull-request сливать в master.

УДК 621.3, 628.16

НАПРАВЛЕНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОТЫ СТАНЦИИ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ВОДЫ

Л. В. ЖЕСТКОВА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Избыток железа в воде может нанести вред здоровью человека, а также нарушить работы бытовых приборов. Допустимое содержание железа регламентировано ГОСТом, где установлено допустимое содержание железа на уровне не более 0,3 мг/л. В странах Европы этот показатель не превышает 0,1 мг/л.

Около половины проб воды, взятых в Могилевской области, имеют повышенное содержание железа (более 0,3 мг/л). Такая вода имеет желтовато-бурую окраску, а при содержании свыше 1 мг/л вода становится мутной, возникает характерный металлический привкус. Наибольшее содержание железа в воде характерно для Бобруйского, Осиповичского, Кличевского и Глусского районов. Ситуацию можно объяснить недостатком станций обезжелезивания, в области необходимо построить более 50 таких станций. В настоящее время работы по улучшению качества воды ведутся поэтапно. При участии «Всемирного банка» реализуются такие проекты, как строительство станций обезжелезивания в деревнях Княжицы, Сумароково, Бобровичи, Сеньково, Севастьяновичи, Щеглица, Сташино, Боброво-Прокшеничи, Горная улица, Заборье.

Перспективным направлением автоматизации работы станций обезжелезивания является разработка автоматизированных систем управления для оперативного контроля и управления процессом обезжелезивания на основе использования программируемых логических контроллеров (ПЛК).

Система может обеспечивать работу насосных агрегатов с частотно-регулируемыми электроприводами, контролировать работу насоса дренажного приямка, регулировать давление воды на выходе станции обезжелезивания, обеспечивать подключение в локальную вычислительную сеть.

Автоматизированная система управления работой станции обезжелезивания может быть построена на унифицированной элементной базе производства компании ОВЕН. Общее управление системой осуществляется программируемым контроллером ОВЕН ПЛК110. В системе управления также применяется модуль ввода аналоговых сигналов ОВЕН МВ110-8А, датчики давления общепромышленные ОВЕН ПД100-ДИ1,0-111-1,0.

УДК 338.912.13
ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ
ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Ю. И. КОЙПИШ, В. М. КОВАЛЬЧУК
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Энергетический менеджмент промышленных предприятий имеет цель бесперебойного снабжения энергией производственные процессы с наибольшей эффективностью. Для эффективного управления энергетическими ресурсами необходимо обеспечить предприятия соответствующим инструментарием и руководством по энергоменеджменту. В Республике Беларусь действует государственный стандарт на системы управления энергопотреблением СТБ ISO 50001–2013, который соответствует международному стандарту ISO 50001:2011 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению» [1]. Большинство требований ISO 50001 относится к энергетической результативности. Энергетическая результативность – это измеримые результаты, относящиеся к эффективности энергопотребления. Эта цель обеспечивается энергосбережением, которое в Республике Беларусь базируется на методологии удельных норм потребления энергетических ресурсов, определяемых по полезной работе отдельных технологических операций [2].

По технологическим показателям отдельного промышленного оборудования планируется определенный объем выпуска продукции и рассчитывается общий и удельный расход ресурсов на всех уровнях производства, который и принимается за норму. При этом особо подчеркивается, что «научно обоснованные» нормы должны базироваться на аналитических расчетах и экспериментальной основе с учетом не достигнутого, а планируемого уровня организации производства и отбрасываются, как «порочные» статистические методы.

Вместе с тем практика современного энергоменеджмента показывает, что такой подход определения теоретических (или паспортных) расходов энергоресурсов на единицу продукции оправдан только на стадии конструирования отдельных агрегатов. При установке этого агрегата на конкретном производстве такой подход не может быть применен из-за влияния на режим его работы случайных факторов внешней среды. Иными словами, произошедшие за последнее время качественные и количественные изменения в экономике сделали неизбежным отказ от расчетов, основанных на единичном и переход к вероятностным (статистическим) подходам.

В настоящее время стало очевидным, что первая (детерминированная) научная картина мира неприменима для практически бесконечного

количества электроприемников (а это и есть 150...300 электроприемников), для всего количества режимов и связей. Изменение сущностной основы электрического хозяйства сделало неизбежными необходимость отказа от расчетов, основанных на исследовании единичного, и переход к вероятностным (статистическим) представлениям. Принципиально то, что в этом случае говорят не о точном, однозначном решении, а лишь о наличии математического ожидания (наличие среднего) и приемлемой для практики (инженерной) ошибке (конечная дисперсия). Математически же это означает, что существуют первые моменты, используемые теорией вероятностей, действуют центральная предельная теорема и закон больших чисел, т. е. в пределе мы имеем дело с нормальным (гауссовым) распределением.

Такой переход к вероятностным методам в методологии оценки эффективности энергоменеджмента нашел отражение в появлении новых направлений исследования, к которым можно отнести применение эконометрического моделирования для решения проблемы нормирования и управления электропотреблением для целей энергосбережения [3, 4].

Однако эффективное использование эконометрического инструментария энергоменеджмента предприятия невозможно без современных информационных технологий и включения его в автоматизированные системы управления энергоресурсами предприятия [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Рубенчик, Б. И.** О стимулировании внедрения в Беларуси стандарта СТБ ISO 50001-2013 / Б. И. Рубенчик // Энергия и менеджмент. – 2015. – № 4–5.
2. **Стриха, И. И.** Совершенствование нормирования энергопотребления на промышленных предприятиях / И. И. Стриха // Энергия и менеджмент. – 2012. – № 2.
3. **Желудкевич, М. Е.** Моделирование ресурсосбережения : учебно-методическое пособие / М. Е. Желудкевич. – Минск : БГЭУ, 2002. – 66 с.
4. **Шенец, Е. Л.** Анализ показателей эффективности энергоресурсов и методов оценки эффективности внедрения мероприятий по энергосбережению на промышленных предприятиях / Е. Л. Шенец, А. А. Капанский // Энергия и менеджмент. – 2017. – № 2.
5. **Рахманова, И. О.** Потенциал энергосбережения на предприятии. Пути и проблемы реализации / И. О. Рахманова, М. С. Рахманова, О. И. Семенов // Энергия и менеджмент. – 2016. – № 4.

С. К. КРУТОЛЕВИЧ, С. А. ПРОКОПЕНКО, Н. М. ЩЕРБО

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Одним из этапов создания экспертных систем на основе нейронных сетей является обучение нейронной сети. Для обучения нейронных сетей используются ряды данных [1]. Чем меньше ряд данных содержит случайных значений, тем быстрее и эффективнее происходит обучение нейронных сетей. Целью данного алгоритма является фильтрация рядов данных от случайных значений.

Предлагается следующий алгоритм обработки:

- проводим прямое преобразование Фурье (FFT) над исходным рядом данных $S(t)$;
- на амплитудно-частотной характеристике (АЧХ) $A(w)$ обнуляем значение амплитуд, которые меньше заданного порога A^* . Таким образом, проводим фильтрацию частот по значению амплитуд. Получаем новую АЧХ $A^*(w)$;
- формируем ряд данных $S^*(t)$ по значениям АЧХ $A^*(w)$;
- используем ряд данных $S^*(t)$ для обучения нейронной сети.

Рассмотрим пример обработки ряда данных по предложенному алгоритму. На рис. 1 представлен образец исходного ряда данных $S(t)$.

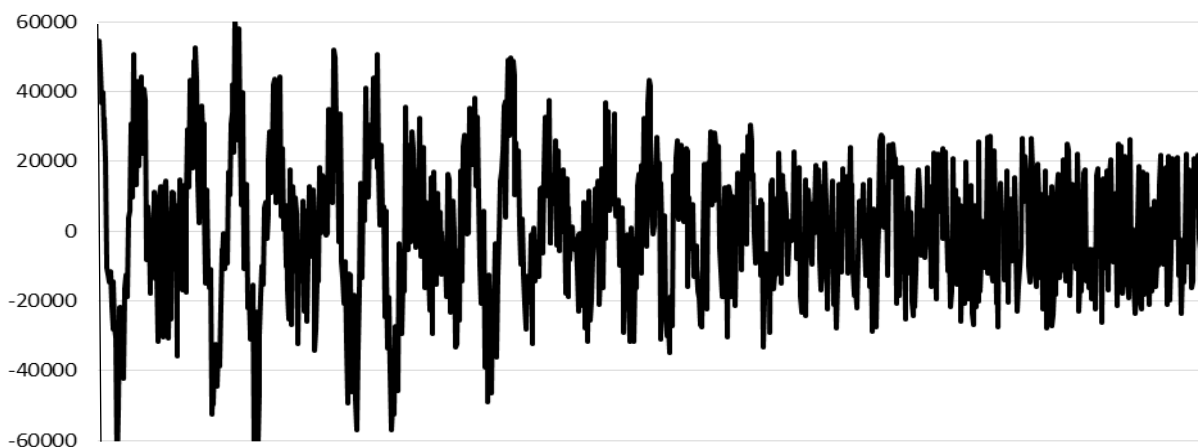


Рис. 1. Исходный ряд данных $S(t)$

Амплитудно-частотная характеристика $A(w)$ этого ряда представлена на рис. 2, *a*.

В качестве пороговой величины значимости значения амплитуды примем значение $A^* = 1000$. На рис. 2, *a* пороговое значение выделено

штрих пунктирной линией. На рис. 2, б представлена АЧХ $A^*(w)$ -после фильтрации.

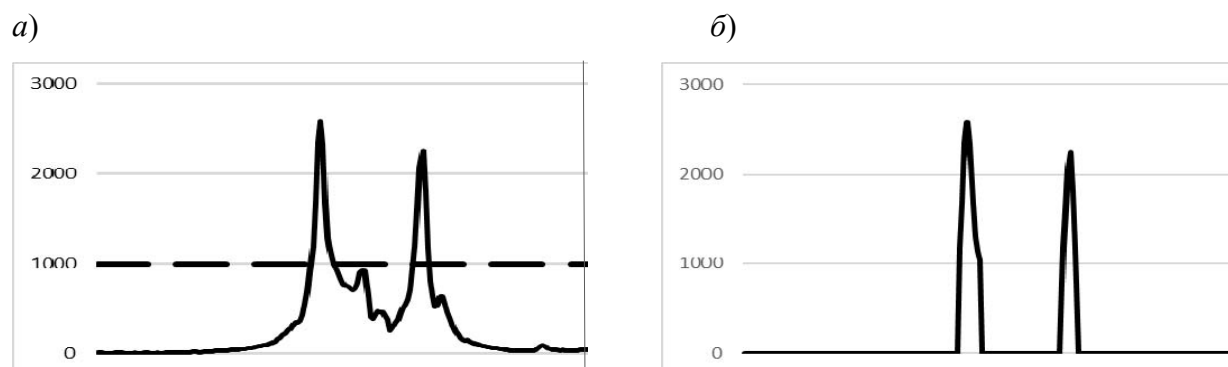


Рис. 2. Амплитудо-частотные характеристики: а – $A(w)$ – исходного ряда; б – $A^*(w)$ – после фильтрации

Ряд данных, построенный на основе отфильтрованной АЧХ $A^*(w)$ представлен на рис. 3.



Рис. 3. Ряд данных $S^*(t)$, построенный на основе АЧХ $A^*(w)$

Предложенный алгоритм обработки рядов данных позволяет удалить из ряда случайный шум. Использование обработанных рядов данных повышает эффективность обучения нейронных сетей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Neural Network Approximation Precision Change Analysis on Cryptocurrency Price Prediction / A. Misnik [et al.] // Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference «Fuzzy Technologies in the Industry – FTI 2018». – Ulyanovsk (Russia), 2018. – С. 96–101.

УДК 629.08
СИСТЕМЫ УЧЕТА РАБОТЫ И ПЛАНИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ
ОБСЛУЖИВАНИЙ И РЕМОНТОВ МАШИН

В. В. КУТУЗОВ, Р. А. АБАРОВ, Е. В. ЗАРОВЧАТСКАЯ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Применение систем автоматизации производственной и технической эксплуатации машин и оборудования в организациях позволяет существенно упростить процесс принятия решений по обеспечению поддержания и восстановления их работоспособности, планирования, организации и контроля работ, обеспечивая не только охват всего парка, но конкретную машину с учетом изменения её уровня надежности и технико-экономических показателей работы. При разработке новых программных продуктов для автоматизации процесса эксплуатации, поддержания и восстановления машин важную роль играют методики расчета, алгоритмы, справочные и нормативные данные, индивидуальная информация по машине и её сборочным единицам [1]. В качестве таких методик и систем, обеспечивающих автоматизацию производственных процессов, в том числе и реализующих функции технического обслуживания (ТО) и ремонтов выступают системы: MRP, MRP-2, ERP, CMMS, EAM и др. [2]

MRP (Materials Requirements Planning) планирование материальных потребностей и MRP-2 (Manufacturing Resource Planning) планирование производственных ресурсов. MRP-система применяется при планировании потребности и работе с материалами, сборочными единицами и частями, широким диапазоном номенклатуры материальных ресурсов, обеспечивающих нормальную работу промышленного предприятия. MRP-2 аналог MRP, дополнительно учитывающий стоимость рабочей силы и производственные мощности, их загрузку. Данные системы реализованы в виде ПО: SunSystems, Галактика, Scala, Microsoft XAL и многие др.

ERP (Enterprise Resource Planning) планирование ресурсов предприятия, обеспечивающая прогнозирование, управление финансами, кадрами. Отличие ERP-систем от MRP-2 заключается в работе со всеми ресурсами различных подразделений предприятий с их общей интеграцией. Примерами ПО реализующих системы ERP являются: SAP R/3, 1C: Предприятие 8, Oracle E-Business Suite – модуль EAM и многие др.

CMMS (Computerized Maintenance Management System) – система, обеспечивающая автоматическое обрабатывание заявок на материалы, запасные части, оборудование и инструмент, необходимый для проведения ремонтов, а также реализацию учета складирования и закупки. Программное обеспечение: Bizibit Suite, CitectllM Solutions, Фобос и др.

EAM (Enterprise Asset Management) управление основными фондами предприятия и управления бизнес-процессами. EAM-система ориенти-

рована на сокращение затрат на ТО и ремонт и на материально-техническое обеспечение, распределение и контроль работ. Программное обеспечение: Maximo, Avantis.Pro, MIMS, iMaint, TRIM и т. д.

Для примера рассмотрим более подробно несколько наиболее распространенных ПО, реализующих функции учета и планирования технических обслуживаний и ремонтов машин, а именно: SAP R/3 и TRIM.

ПО SAP R/3 предназначено для учёта основных средств и управления ими, а именно: технического управления, амортизации и замены, технического обслуживания и ремонтов машин и оборудования. Плюсы данного ПО: масштабируемость; возможность высокой интеграции; множество уже готовых типовых решений; сокращение затрат, ремонт оборудования, контроль производственной деятельности. Минусы: высокие затраты на внедрение, система тесно интегрирована [3].

Российское ПО TRIM предназначено для управления активами организации на всех этапах их жизненного цикла, включая техническое обслуживание и ремонт, замену и списание, поставку и закупку. Плюсы: уменьшение длительности внеплановых простоев в ремонтах на 30...50 % за счёт повышения качества планирования и организации работ; создание полной достоверной базы данных оборудования; уменьшение временных затрат. Минусы ПО TRIM: не обеспечивается необходимая точность в расчете затрат на ремонты, в формировании плана закупок материалов; отсутствует анализ плановых и фактических результатов ТО и ремонтов; большой объем работ по отказу; отсутствуют надлежащий учет и анализ дефектов [4].

Все существующие системы и ПО оперируют усредненными значениями, как следствие не позволяют оценивать эффективность всех работ по конкретной машине из парка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Максименко, А. Н.** Техническая эксплуатация строительных и дорожных машин : учебное пособие / А. Н. Максименко, В. В. Кутузов. – Минск : Вышэйшая школа, 2015. – 303 с.
2. **Гаврилов, Д. А.** Управление производством на базе стандарта MRP II / Д. А. Гаврилов. – 2-е изд. – Санкт-Петербург : Питер, 2008. – 416 с.
3. SAP R/3. IT технологии будущего, работающие уже сегодня [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://asapcg.com/press-centre/articles/sap-r3/>. – Дата доступа: 14.02.2019.
4. TRIM. Инструмент управления физическими активами. Обзор решений и возможностей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docplayer.ru/69440307-Trim-instrument-upravleniya-fizicheskimi-aktivami-obzor-resheniy-i-vozmozhnostey.html>. – Дата доступа: 14.02.2019.

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ОБРАТНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Т. М. ЛОБАНОВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

На стратегическом уровне управления предприятием одна из задач информационных систем заключается в обеспечении руководства инструментарием для принятия обоснованных стратегических решений. Для этих целей предназначен класс ESS технологий (Executive Support Systems).

Исходя из задач, которые стоят перед предприятием, цели можно сформулировать двумя принципиально разными способами:

1) получить оптимальное значение целевого показателя с учётом имеющихся ограничений на управляемые параметры. Другими словами, цель – максимально эффективно использовать имеющиеся ресурсы;

2) какие меры следует принять, чтобы изменить целевой показатель на x %. В этом случае цель – выход на желаемый уровень.

Первый вариант постановки цели предполагает использование классических методов решения оптимизационных задач. С точки зрения периода планирования, он больше подходит для краткосрочных планов, когда за короткое время нет возможности провести мероприятия, которые существенно изменили бы границы ресурсов.

Второй вариант означает, что необходимо определить такие значения ресурсов, которые обеспечат изменения целевого показателя до заданного уровня. Ограничения на ресурсы также могут присутствовать, однако в приоритете – направление улучшения. Такая постановка задачи целесообразна для стратегического планирования. Для её решения разработан так называемый метод обратных вычислений [1, 2].

В результате реализации алгоритма обратных вычислений было получено несколько возможных вариантов повышения рентабельности с 3,75 до 5,5 %. Они были проранжированы по степени отклонения от выбранного направления. Все варианты соответствуют возможностям завода, которые были заданы в виде ограничений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Одинцов, Б. Е.** Обратные вычисления в формировании экономических решений : учебное пособие / Б. Е. Одинцов. – Москва : Финансы и статистика, 2004. – 192 с.
2. **Романов, А. Н.** Советующие информационные системы в экономике: учебное пособие / А. Н. Романов, Б. Е. Одинцов. – Москва : ИНФРА-М, 2017. – 485 с.

А. Е. МИСНИК, К. А. КАНДИДАТОВ, С. А. ПРОКОПЕНКО

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В современном мире роль интерфейса пользователя имеет тенденцию к возрастанию. Все больше времени пользователь проводит в интерфейсе системы, остальное время уходит на вычисления инженерных расчетов и формирование отчетов, которое сокращается вследствие роста производительности вычислительных систем. Увеличивается количество систем, которые реализованы посредством взаимодействия с клиентом через интернет-браузер. Такой подход позволяет уменьшить затраты на разработку, получить доступ к информации в необходимое время.

В промышленных системах сбора и обработки информации существует проблема анализа большого количества информации в таблице оператором, экспертом.

К сожалению ресурсы устройства пользователя не безграничны, зачастую они имеют невысокую производительность. При отображении большого объема информации отклик системы замедляется, что вызывает дискомфорт и падение работоспособности у пользователя при работе с системой.

При анализе проблемы было выявлено, что большая часть времени тратится на отрисовку таблицы, которая содержит большое количество записей (рис. 1).

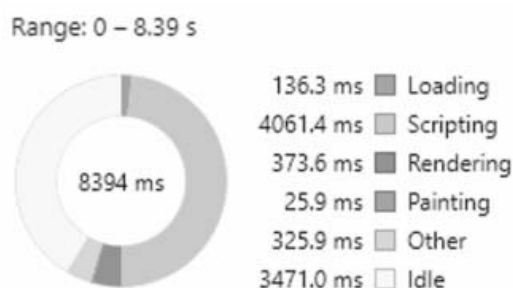


Рис. 1. Временные показатели при отрисовке таблицы

Одним из способов ускорения отрисовки является проведение рендеринга с помощью видекарты. Такой подход позволяет повысить скорость отрисовки таблицы (рис. 2). Недостатком такого подхода является увеличение нагрузки на устройство, вследствие чего повышается его энергопотребление.

Существует подход, при котором обработка информации происходит небольшими блоками. В результате, устройство клиента работает в

оптимальном режиме. Одним из недостатков данного подхода является необходимость частого обращения к серверу для получения последующих блоков данных. Каждый раз пользователю необходимо ждать загрузки нового блока данных.

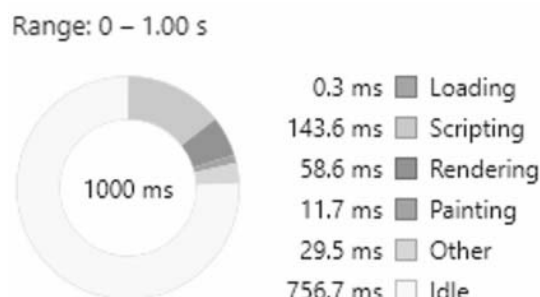


Рис. 2. Временные показатели при отрисовке таблицы с использованием видеокарты

Одним из возможных путей решения проблемы отрисовки большого объёма информации является метод динамической загрузки элементов во время прокрутки. Для оптимизации процесса отображения необходимо использовать динамическое сокрытие элементов, которые не попадают в область видимости. В таблице следует отображать только те строки, которые пользователь видит на данный момент и еще некоторое количество строк на опережение (рис. 3).



Рис. 3. Схема реализации метода последовательного отображения

Предложенный алгоритм отображения информации позволил снизить нагрузку на устройства клиента, повысить производительность при работе с таблицами, снизить нагрузку на сервер при получении информации.

ОПТИМИЗАЦИЯ МАРШРУТОВ ПОЕЗДОК НА ОБЩЕСТВЕННОМ ТРАНСПОРТЕ

Т. В. МРОЧЕК, А. В. МАКСИМОВИЧ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Современные мобильные сервисы могут подсказать кратчайший по времени и расстоянию путь в основном для автомобилистов, однако для граждан, пользующихся общественным транспортом, таких сервисов немного, и они все еще нуждаются в доработке.

Среди сервисов, которые предоставляют информацию о маршрутах городского транспорта с возможностью построения пути, для Беларуси наиболее популярным и удобным является приложение Яндекс.Транспорт. Такие конкуренты, как Google Maps, 2GIS, MAPS.ME, проигрывают в детализации карты Беларуси, скорости обновления информации и появления новых объектов. Популярные сервисы (тот же Яндекс.Транспорт) имеют следующие недостатки для пассажиров общественного транспорта.

Во-первых, отсутствие полноценного офлайн-режима. В настоящий момент практически каждый смартфон имеет подключение к сети, однако в самый неподходящий момент может закончиться трафик или может пропасть соединение с сетью. Поэтому приложение должно иметь возможность кэшировать данные о маршрутах общественного транспорта (обязательно) и прокладывать маршрут между точками (опционально, т. к. значительно увеличится размер кэша).

Во-вторых, подобные сервисы не предлагают альтернативные маршруты (в том числе пешеходные) при прокладывании пути на общественном транспорте. Соответственно, пользователь тратит время на отдельный поиск маршрута от остановки до интересующей улицы (дома).

Таким образом, актуальным является решение следующих задач:

– исследование алгоритмов поиска наикратчайшего маршрута (например, алгоритмов Дейкстры, Флойда-Уоршелла, Форда-Беллмана, генетического алгоритма и др.) и оценка времени поиска и точности решения для определения наиболее выгодного алгоритма. Оптимизация маршрутов поездок на общественном транспорте должна проводиться с учетом информации о маршрутах и частоте движения доступного транспорта, количества пересадок и пешего расстояния от остановки до пункта назначения (жилого дома или учреждения);

– поиск и анализ доступных реализаций офлайн-доступа к данным карт и маршрутов;

– исследование технологий, позволяющих проводить работу по поиску маршрута в офлайн-режиме с минимальными затратами памяти.

О МЕТОДАХ СБОРА СТАТИСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ АНАЛИЗА ВТОРИЧНОГО РЫНКА АВТОМОБИЛЕЙ

А. В. ПЕНЬКОВСКИЙ, В. А. ШИРОЧЕНКО

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Мы живем в эпоху BIG DATA, т. е. в эпоху больших массивов данных, которые уже собраны и хранятся либо в специально организованных хранилищах, доступ к которым предоставляется строго их владельцу, либо в свободном доступе – в сети Интернет.

Примером такого источника данных могут выступать сайты, на которых сами пользователи размещают объявления о продаже своих товаров. Данные сайты позволяют как продавцам, так и потенциальным покупателям предоставлять или получать информацию об одном каком-то конкретном товаре. Так, всем известный крупный интернет-ресурс для размещения объявлений о продаже Авито-Авто (www.avito.ru) [1] позволяет получить информацию о цене конкретного автомобиля, проданного на вторичном рынке, и все его параметры.

Представляет интерес изучение снижения стоимости автомобиля во времени в зависимости от различных факторов. Знание рыночных механизмов снижения цены в зависимости от года выпуска автомобиля, его пробега (заявленного, по крайней мере официально в объявлении продавцом) может быть использовано в работе эксперта – оценщика. А потребность в оценке остаточной стоимости транспортного средства возникает довольно часто.

Для анализа рынка необходимо собрать данные по предложениям на вторичном рынке автомобилей. Авито-Авто представляет собой интернет-ресурс, предназначенный для размещения предложений о продаже поддержанных автомобилей. Данный интернет-ресурс имеет в распоряжении более 650 тысяч объявлений, по которым можно судить о вторичном рынке автомобилей.

В современных информационных технологиях создан и широко используется такой инструмент, как парсинг сайтов. Парсинг представляет собой процесс последовательного синтаксического анализа той информации, которая размещена на веб-страницах. Поскольку любой текст на экране монитора – это иерархически упорядоченный набор данных, который отображается с помощью языков программирования, процесс получения из этого набора информации может быть автоматизирован [2].

Для получения информации со всех объявлений о цене автомобиля на вторичном рынке, на первом этапе авторами исследования был использован инструмент Selenium WebDriver.

Selenium WebDriver, или просто WebDriver – это не имеющая пользовательского интерфейса программная библиотека, которая позволяет программным путем взаимодействовать с браузером, управлять его поведением, получать от браузера какие-то данные и заставлять браузер выполнять различные команды. Он используется для имитации деятельности браузера, что позволяет осуществлять задание критериев отбора объявлений, а также получать код HTML-страниц объявлений для дальнейшей их обработки. Для извлечения и обработки данных из HTML-документов использовался инструментальный библиотеки языка Java jsoup.

После обработки HTML-страницы, содержащей всю информацию, представленную в объявлении, инструментарием jsoup были получены необходимые для анализа данные объявления.

Далее при помощи библиотеки Hibernate для хранения и дальнейшей обработки информации была создана реляционная база данных (далее БД) MySQL. Hibernate – это библиотека, позволяющая связывать Java-классы с реляционной БД MySQL и работать с таблицами базы данных как с Java объектами [3]. Формат представления данных, после занесения в БД представлен на рис. 1.

	id	age	marka	mileage	model	owners	powerOfEngine	price	privod	spaceMotor	state	transmission	typeOfCarCase	typeOfFuel
▶	1	1	Ford	24000	EcoSport	1	122	799000	передний	1.6 л	не битый	механика	внедорожник	бензин
	2	5	Renault	99000	Duster	3	135	550000	полный	2.0 л	не битый	механика	внедорожник	бензин
	3	18	Volkswagen	348000	LT	4	102	340000	задний	2.5 л	не битый	механика	микроавтобус	дизель
	4	5	Audi	79000	A6	2	180	1099000	передний	2.0 л	не битый	вариатор	седан	бензин
	5	10	Opel	265000	Vectra	1	140	330000	передний	1.8 л	не битый	механика	универсал	бензин
	6	14	Chevrolet	169000	Niva	2	80	190000	полный	1.7 л	не битый	механика	внедорожник	бензин
	7	17	BA3 (LADA)	200000	2110	2	81	62000	передний	1.5 л	не битый	механика	седан	бензин
	8	4	Renault	72500	Duster	2	102	555000	полный	1.6 л	не битый	механика	универсал	бензин
	9	21	Volkswagen	220000	Polo	3	101	30000	передний	1.6 л	битый	механика	седан	бензин

Рис. 1. Формат представления данных с Авито-Авто после занесения в БД

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Продажа подержанных автомобилей, купить авто с пробегом в России на Avito [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.avito.ru/rossiya/avtomobili/s_probegom. – Дата доступа: 28.12.2018.
2. Selenium – Web Browser Automation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.seleniumhq.org>. – Дата доступа: 11.12.2018.
3. **Эккель, Б.** Философия Java / Б. Эккель. – Москва: Питер, 2016. – 809 с.

УДК 681.5
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ
ПРИ РАЗРАБОТКЕ И ИССЛЕДОВАНИИ САУ

В. Б. ПОПОВ, В. А. ЛАПИЦКИЙ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

При разработке и исследовании систем автоматического управления необходимо рассматривать полную совокупность влияния конструктивных параметров элементов системы, технологических параметров работы системы, а также внешних воздействий на выходные параметры САУ.

Особый интерес представляет оценка качества переходного процесса и выполнение установленных к нему требований.

При этом разрабатывается математическая модель, в которую входят уравнения, связывающие выбранные для оценки качества переходного процесса критерии (например, время переходного процесса (τ_n и интегральный критерий I_2 [1] и вышеуказанные параметры. Данные зависимости могут выражаться как простыми аналитическими уравнениями, так и с помощью дифференциальных уравнений (в общем случае n -го порядка).

Аналитическое решение в данных случаях зачастую невозможно и тогда находят применение численные методы (например, метод Рунге-Кутты 4-го порядка).

Указанный подход позволяет получить не только решения для конкретных заданных исходных параметров, но и провести серию математических экспериментов с применением методов планирования экспериментов. В данном случае имеется возможность сформировать матрицу планирования любой сложности, начиная от простейшей двухуровневой и далее трехуровневой и т. д., в зависимости от линейности системы. Хорошие результаты дает метод обработки для случая неявного плана, разработанный в [2].

В результате расчетов имеется возможность получить зависимости выходных параметров (τ_n и I_2) САУ от выше рассмотренных параметров изучаемой системы в виде степенных полиномов, т. е. фактически получить решения исходной системы уравнений в приемлемом для анализа и дальнейшего изучения виде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юревич, Е. И. Теория автоматического управления / Е. И. Юревич. – Ленинград: Энергия. 1975. – 416 с.
2. Севастьянов, П. В. Многокритериальная идентификация и оптимизация технологических процессов / П. В. Севастьянов, Н. В. Туманов. – Минск: Наука и техника, 1990. – 224 с.

УДК 621.9
МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО
ЭЛЕКТРОПРИВОДА МОТОР-КОЛЕС КАРЬЕРНОГО
САМОСВАЛА БЕЛАЗ-75131

М. А. ПОТАПОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Система электропривода мотор-колес для передвижения карьерного самосвала структурно состоит из трёх блоков: синхронный генератор, неуправляемый выпрямитель, тяговый электродвигатель постоянного тока с последовательным возбуждением.

Тяговый синхронный генератор самосвала имеет статорную обмотку, состоящей из двух электрически не связанных между собой трехфазных обмоток, каждая из которых соединена в звезду. Увеличение количества обмоток синхронных машин позволяет уменьшить потери энергии от высших временных гармонических составляющих фазных токов, поскольку ряд гармонических составляющих взаимно компенсируется в магнитном поле.

Математическое описание синхронной машины выполнено при разделении ее на взаимосвязанные части (подсхемы) по магнитному потоку в воздушном зазоре и по потокам взаимной индукции между трехфазными обмотками. Взаимные связи подсхем учтены зависимыми источниками напряжения и тока.

Структурная схема блок-модели шестифазной синхронной машины представлена на рис. 1.

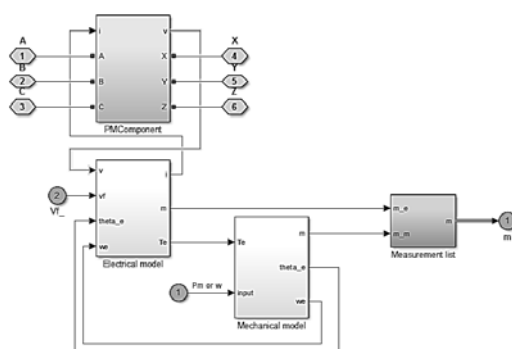


Рис. 1. Структурная схема блок-модели шестифазной синхронной машины

Как видно из рисунка, схема состоит из электрической, механической, измерительной и формирующей выходные напряжение и токи подсистем.

Обмотка возбуждения двигателя постоянного тока последовательного возбуждения (ДПТ ПВ) включается последовательно с обмоткой якоря, ток в которой может быстро изменяться. Следовательно, может быстро изменяться

Структурная схема двигателя показана на рис. 2.

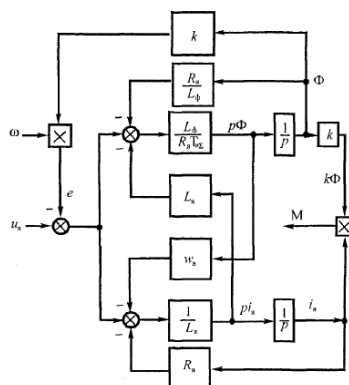


Рис. 2. Структурная схема ДПТ ПВ

Математической модель, дополняющая структурную схему на рис. 2 механическим звеном и обратной связью по скорости, представлена на рис. 3.

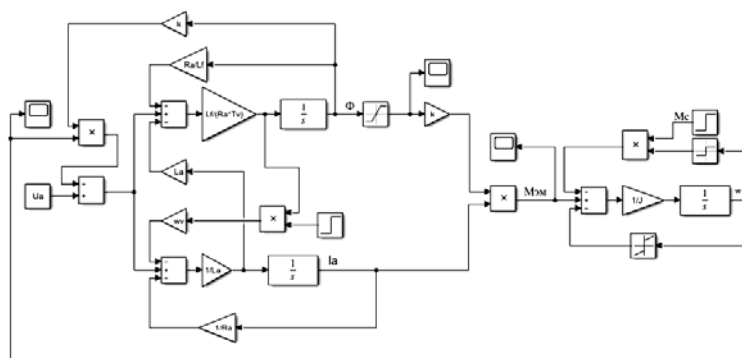


Рис. 3. Структурная схема математической модели двигателя

Общая структурная схема электропривода представлена на рис. 4.

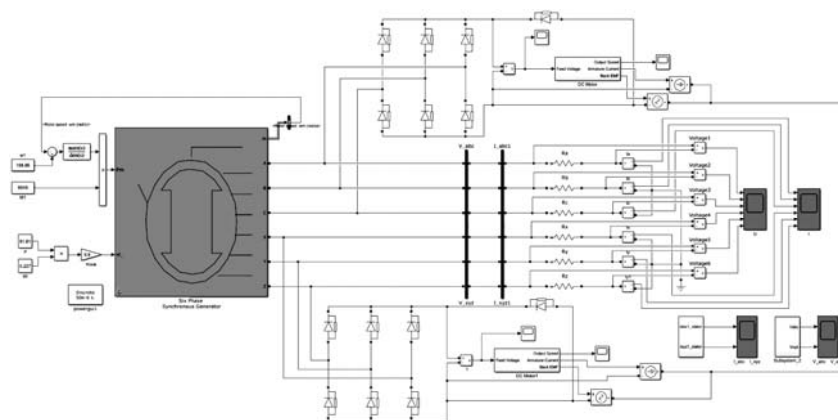


Рис. 4. Модель тягового электропривода

УДК 621.9

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ТРАКТОРА «BELARUS 1221» ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ
ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ
СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ

Н. А. РЫБАКОВ, В. В. ВОРОБЬЁВ
Белорусско-Российский университет
Могилёв, Беларусь

Использование тягового электрического привода в транспортных средствах дает ряд очевидных преимуществ – экономия топлива и снижение вредных выбросов. Кроме того, электропривод способен обеспечить качественное улучшение эксплуатационных характеристик: повышение надежности и ремонтпригодности, облегчение управления за счет исключения коробки передач, повышение точностных и динамических характеристик, реализация новых режимов (рекуперация энергии торможения, удержание и плавный старт на уклоне), меньшая зависимость от факторов окружающей среды.

Виды электрических приводов трактора.

Говоря об электрических тракторах, следует говорить об тяговом электрическом приводе с источником питания. Чаще всего это двигатель внутреннего сгорания (ДВС), но в последнее время в качестве источника энергии тракторов используют литиевые аккумуляторы, электрохимические генераторы, солнечные батареи.

Виды применения тягового электропривода в тракторах: тяговый генератор с приводом от ДВС, тяговые электродвигатели (их может быть 1, 2, 3 или по числу колёс), электродвигатель привода ВОМ, электродвигатель привода насоса гидросистемы и др.

Схема построения трактора с тяговым электроприводом может быть различная. В зависимости от конструкции трактора может быть:

- один тяговый электродвигатель, соединённый с главной передачей ведущего моста;
- два электродвигателя, соединенных с главной передачей ведущих мостов полноприводного колесного трактора;
- три электродвигателя для маловероятного, но возможного варианта, когда задние колеса колесного трактора приводятся двумя отдельными электродвигателями, а передние – одним через главную передачу;
- четыре электродвигателя, когда все ведущие колёса колёсного трактора приводятся в движение индивидуально.

Особенности тягового электропривода.

Задачей тягового привода является осуществление вращения ведущих колёс с заданной частотой, соответствующей заданной водителем теоретической скорости или с заданной тяговой нагрузкой. Следует обратить внимание на то, что управление в тракторе с тяговым электроприводом водитель осуществляет не непосредственным воздействием на элементы привода, а опосредовано, воздействием на систему автоматического регулирования.

Исключение коробки передач, сцепления, карданного вала позволяет, как правило, существенно снизить общую массу силового оборудования. Немаловажным обстоятельством является снижение инерционности вращающихся масс; отметим, что для ряда транспортных средств, особенно тихоходных, из-за больших значений коэффициентов редукции приведенная инерционность вращающихся масс сопоставима, или даже намного превышает инерционность самого транспортного средства. Привлекательной возможностью является более свободная компоновка: тяговый электропривод и источник питания могут размещаться в произвольных местах трактора, там, где это наиболее удобно.

В современном производстве электротехники, чаще всего используют литий-ионные батареи. Средний период эксплуатации таких аккумуляторов составляет порядка 8 лет, что подтверждают сами производители АКБ. Определяющей характеристикой для литий-ионных батарей, является возраст и число циклов зарядов батареи, т. е. сколько раз данную батарею можно заряжать в период эксплуатации. Среднее число полных «зарядок» современных аккумуляторных батарей для электромобилей составляет несколько тысяч циклов.

Управление тяговыми электроприводами тракторов и их компонентами следует формировать с учётом характеристик и особенностей управляемых объектов и режимов их работы. Рациональное организованное управление позволит в полной мере реализовать преимущества этого направления развития тракторной техники.

УДК 004.94
АВТОМАТИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ СЕТЕЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ
НА УЧЕБНОМ ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ

В. Т. САДОВСКИЙ, М. Я. ЧЕНДРОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В современных образовательных системах телекоммуникационные технологии играют важную роль. Поэтому изучение, анализ существующих и перспективных телекоммуникационных технологий является достаточно актуальной задачей при подготовке бакалавров по направлениям 09 03 01 «Информатика и вычислительная техника», 09 03 04 «Программная инженерия. Проведение лабораторных и практических работ». При этом, наибольший положительный результат достигается при выполнении лабораторных работ на реальном телекоммуникационном оборудовании [1].

Одним из эффективных методов изучения технологий компьютерных сетей является практическая настройка и конфигурирование сетевого оборудования. Для получения практических навыков по технологиям и стандартам современных компьютерных сетей необходимо обучаться в условиях, максимально приближенных к производственным.

Для повышения эффективности обучения было разработано программное обеспечение «Учебный лабораторный стенд передачи данных» («Learning Stand»). Данное программное обеспечение имеет архитектуру клиент-сервер.

Серверная часть разработана с использованием технологии .NET Core, которая в последнее время пользуется популярностью за счет своей кроссплатформенности. Благодаря этому, серверное приложение может быть развернуто на разных операционных системах, как на Windows, так и на ОС семейства Linux, что повышает мобильность разрабатываемого программного продукта.

Для создания графической части в виде веб-приложения (рис. 1) используется программная платформа Angular, определяющая структуру программной системы, облегчающая разработку и объединение разных компонентов большого программного проекта. На сегодняшний день Angular является одной из самых быстрых и производительных программных платформ для построения веб-приложений, а также имеет широкую поддержку среди разработчиков.

«Тактильный» ввод команд конфигурации сетевых устройств, фиксация ошибок, показ верных вариантов позволяют наиболее эффективно изучить команды и методы конфигурации, при проведении исследований и выполнении лабораторных работ по дисциплинам компьютерных сетей.

IP: 10.203.0.3 | Порт: 23 | Telnet | Соединить | Разъединить

User Access Verification
Password:
Switch_ASU#show vlan

VLAN Name	Status	Ports
1 default	active	Fa0/1, Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4, Fa0/5, Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8, Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12, Fa0/13, Fa0/14, Fa0/15, Fa0/16, Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20, Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23, Fa0/24, Gi0/1, Gi0/2
103 test	active	
121 VLAN0121	active	
203 LAN-ASU	active	
231 ASU-TEST	active	
1002 fddi-default	act/unsup	
1003 token-ring-default	act/unsup	
1004 fddinet-default	act/unsup	
1005 trnet-default	act/unsup	

VLAN	Type	SAID	MTU	Parent	RingNo	BridgeNo	Stp	BrdgMode	Trans1	Trans2
1	enet	1000001	1500	-	-	-	-	-	0	0
103	enet	1001003	1500	-	-	-	-	-	0	0
121	enet	100121	1500	-	-	-	-	-	0	0
203	enet	100203	1500	-	-	-	-	-	0	0
231	enet	100231	1500	-	-	-	-	-	0	0
1002	fddi	101002	1500	-	-	-	-	-	0	0
1003	tr	101003	1500	-	-	-	-	-	0	0
1004	fdnet	101004	1500	-	-	-	ieee	-	0	0
1005	trnet	101005	1500	-	-	-	ibm	-	0	0

Remote SPAN VLANs

Primary	Secondary	Type	Ports
Switch_ASU#			

Задания

Коммут-ры VLAN

- ✓ Отобразите конфигурацию vlan
- ✓ Перейдите в режим конфигурации
- ✓ Задайте коммутатору vlan
- ✓ Выйдите из режима конфигурации
- ✓ Просмотрите изменения сделанные ранее

Рис. 1. Работа с оборудованием через веб-интерфейс

Размещение программной реализации на сервере упрощает доступ к ней, а также освобождает пользователя от установки и обновления необходимого программного обеспечения. Также пользователю предоставляется возможность обучаться компьютерным сетям в режиме удаленного доступа при дистанционном обучении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Чендров, М. Я.** Методика исследования сетей передачи данных в образовательном процессе / М. Я. Чендров, В. В. Барков, В. Т. Садовский // Информационные технологии, энергетика и экономика: материалы XV Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов, Смоленск, 26–27 апр. 2018 г.: в 3 т. – Смоленск: фил. ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», 2018. – Т. 1. – С. 254–257.

В. А. СЕЛИВАНОВ, Д. В. ИЛЬИНЫХ, А. С. БУЛОВА

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В статье рассмотрен сервопривод серии ASDAB2. Это стандартная сервосистема переменного тока, предназначенная для широкого круга применений. Так, например, он используется в различных точных приборах, промышленных роботах, автоматах по производству печатных плат, станках с программным управлением, различных клапанах, роботостроении, авиастроении, а также для точного позиционирования. В приводе используется синхронный двигатель с постоянными магнитами (далее – СДПМ).

Для работы синхронного двигателя с постоянными магнитами обязательно требуется система управления, например, частотный преобразователь или сервопривод. При этом, существует большое количество способов управления, реализуемых системами контроля. Выбор оптимального способа управления, главным образом, зависит от задачи, которая ставится перед электроприводом. Основные методы управления синхронным электродвигателем с постоянными магнитами:

Трапецеидальное управление:

- с обратной связью:
 - а) с датчиком положения (датчиком Холла);
 - б) без датчика;
- без обратной связи.

Синусоидальное управление:

- скалярное;
- векторное.

Полеориентированное управление:

- с датчиком положения;
- без датчика.

Прямое управление моментом.

Для решения несложных задач обычно используется трапецеидальное управление по датчикам Холла (например, компьютерные вентиляторы). Для решения задач, которые требуют максимальных характеристик от электропривода, обычно выбирается полеориентированное управление.

Режимы работы сервопривода.

Сервопривод может быть подключен к компьютеру или ПЛК через последовательный интерфейс связи. Пользователи могут использовать

программное обеспечение для сервопривода, для настройки и конфигурации.

Подключение к сервоприводу ASDA-B2 по COM-порту (RS-232 интерфейс):

- подключить интерфейсный кабель к разъему CN3 сервопривода и COM-порту персонального компьютера;
- запустить программу Delta ASDA-Soft(v5). Откроется диалоговое окно ASDA_SoftSetting;
- выбрать опции On-Line. В строке select device из выпадающих списков выбрать опцию ASDA-B2 и B2. Выставить птичку в поле manual setting. Далее выбрать настройки, представленные на рис. 1.

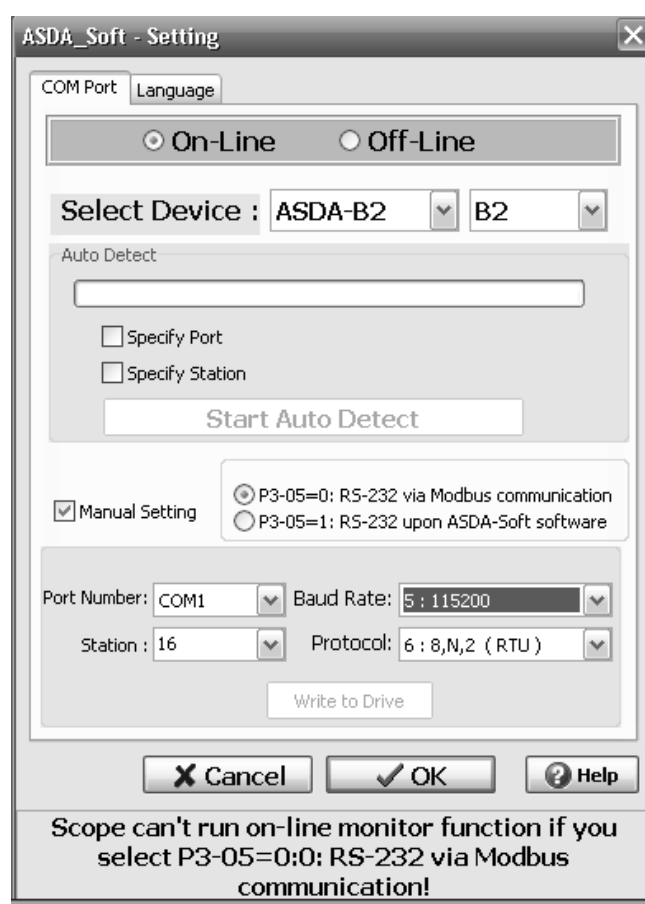


Рис. 1. Окно для настройки сервопривода

Нажать на кнопку ОК. Через несколько секунд диалоговое окно закроется, и в панели управления программы offline изменится на online.

Сервопривод исследован на лабораторной установке с синхронным двигателем СДПМ и показал хорошие результаты позиционирования и довольно точного задания скорости.

А. Г. СТАРОВОЙТОВ, И. А. ЧЕРКАСОВА

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Развитие рыночных отношений в Республике Беларусь обуславливает необходимость проведения маркетинга во всех отраслях народного хозяйства, в том числе и энергетике.

Эта отрасль производит, преобразовывает, распределяет и отпускает электрическую энергию и тепло потребителям.

Такая неразрывная связь с потребителем делает проблематичной оптимизацию энергопотребления. Энергосистема заинтересована в оптимизации своих отношений с потребителем для того, чтобы не осуществлять чрезмерных затрат на создание малозагруженных мощностей. Поскольку режим работы разных потребителей энергии и эффективность использования ее в различных условиях сильно различаются, то для оптимизации энергопотребления нужна глубокая дифференциация тарифов на электрическую и тепловую энергию. При этом система тарифов, особенно на электроэнергию, с изменением условий её получения, передачи, и преобразования должна непрерывно совершенствоваться. Ввиду однородности продукции отрасли, тарифы в электроэнергетике играют большую роль, чем в других отраслях. Это одна из важнейших особенностей маркетинга в энергетике.

Очевидно, чем скорее появится разнообразие тарифных систем, чем скорее потребители откажутся от ненужных затрат и перейдут к экономии электроэнергии путем организации автоматизированной системы коммерческого учета энергии (АКСУЭ), тем больше от этого выиграют и энергосистема и потребитель. Технические возможности обеспечения энергоучета сегодня существуют. В Госреестре Республики Беларусь имеется достаточное количество приборов, оценить которые можно по основным требованиям построения АСКУЭ [1]. При наличии стабильного графика нагрузки энергосистеме достаточно установить у потребителя микропроцессорный счетчик с отсечкой по максимуму нагрузки.

Так как энергосистема стремится получить на рынке прибыль от продажи своей продукции, а отрасль производить однородную продукцию, электрическую и тепловую, то пропаганда новых электротехнологий и новых видов электроприборов и аппаратов (в том числе и бытовых) есть одно из направлений маркетинга в энергетической системе. Внедрение таких новшеств неразрывно связано с расширением области и масштабов применения электроэнергии в народном хозяйстве. Здесь важна совместная работа отраслевых научно-исследовательских институтов, универси-

тетов, предприятий-изготовителей и энергетиков по формированию рынка научно-технических разработок, использование которых в народном хозяйстве позволит одновременно обеспечить рост потребления и оптимизацию его структуры.

Одной из форм маркетинга в энергетике является налаживание рыночных взаимоотношений с поставщиками топлива, на долю которых приходится значительная доля затрат ТЭЦ. В непосредственном ведении маркетинга энергосистемы должны находиться такие вопросы, как выбор поставщиков, согласование цен, условий поставки, претензионная работа по топливу и т. п.

Еще одна из форм маркетинга в энергетике: энергосистема должна осуществлять надзор за рациональным и эффективным использованием электроэнергии тепла потребителем, причем не только с целью экономии расходов потребителей, но и с целью оптимизации использования установленной мощности (лимитов потребления).

Здесь необходимо иметь в виду следующее: т. к. на долю промышленных предприятий приходится большая часть суммарного потребления энергии, то с такими предприятиями необходимо развивать маркетинг, обеспечивающий взаимное согласование энергосистемы и потребителей и организацию их экономических отношений.

Еще одно направление маркетинга в энергосистеме связано с реконструкцией и техпереворужений ТЭЦ. Объекты энергетики оказывают значительное воздействие на состояние окружающей среды, в большинстве случаев отрицательное.

В этом плане на рынке возникает конкуренция по разработке и внедрению экологически чистых технологических процессов в энергетическом производстве.

Таким образом, на основе вышеизложенного можно заключить, что в условиях развития рыночных отношений и при наличии конкуренции маркетинг оптимизирует развитие энергосистемы для удовлетворения потребителей в электрической энергии и тепле, причем значимость указанных направлений будет возрастать по мере продвижения к рынку [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гуртовцев, А. Л.** Правила приборного учета электроэнергии. Глобальный проект белорусских энергетиков / А. Л. Гуртовцев // *Новости Электротехники*. – 2004. – № 6 (30).
2. Становление энергетики Беларуси. Путь длиною в жизнь // *Энергетическая стратегия*. – 2011. – № 2 (20).

УДК 621.9
ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
MAGNET ДЛЯ РАСЧЁТА АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

И. С. СТАСЕНКО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

На сегодняшний день одним из наиболее перспективных направлений в технике является разработка электротранспорта. В соответствии с исследованиями, асинхронный двигатель является одним из наиболее перспективных типов двигателей для построения тягового электропривода автомобиля. Существует множество типовых методик для расчёта тяговых электродвигателей [1]. Данные методики основаны на представлении магнитной цепи электрической машины в виде резистивных схем замещений. Эти аналитические методики построены со множеством допущений (например, отсутствие учёта насыщения магнитной цепи), что приводит к неточностям в расчётах, что, в свою очередь, не позволяет создавать конкурентную продукцию.

Применение метода конечных элементов [2] позволит увеличить точность расчётов, улучшить оптимизационную модель, а также упростит эскизирование электрической машины. Существует множество пакетов, позволяющих выполнять моделирование электромагнитных полей при помощи метода конечных элементов. Среди них ANSYS Maxwell, Infolytica MagNet, FEMM и т.д. Наибольший интерес представляет Infolytica MagNet, т. к. данный пакет разрабатывался специально для электромагнитных систем.

MagNet предназначен для решения следующих типовых задач [3]:

- 1) стационарная задача распределения электромагнитного поля;
- 2) стационарная задача распределения электромагнитного поля в действующих значениях;
- 3) переменная во времени задача распределения электромагнитного поля;
- 4) переменная во времени задача распределения электромагнитного поля с движущимися элементами.

Данные задачи могут решаться как для 2D-, так и 3D-объектов.

Для имитации работы электропривода к различным элементам модели (например, обмотки статора электрической машины) могут быть привязаны как сложные электрические цепи (имитация режимов работы электрической части электропривода), так и (например, ротор электрической машины) сложные движения (имитация работы механической части привода).

MagNet, для получения решения необходимой точности, снабжен настраиваемым построителем сеток, а также настраиваемым решателем (например, есть возможность решения как линейных задач, так и нелинейных).

В качестве примера рассмотрим результаты расчёта (рис. 1) стационарной задачи распределения индукции электромагнитного поля в действующих значениях в зазоре и зубцовой зоне для типовой асинхронной машины серии 4А на номинальную мощность 50 кВт.

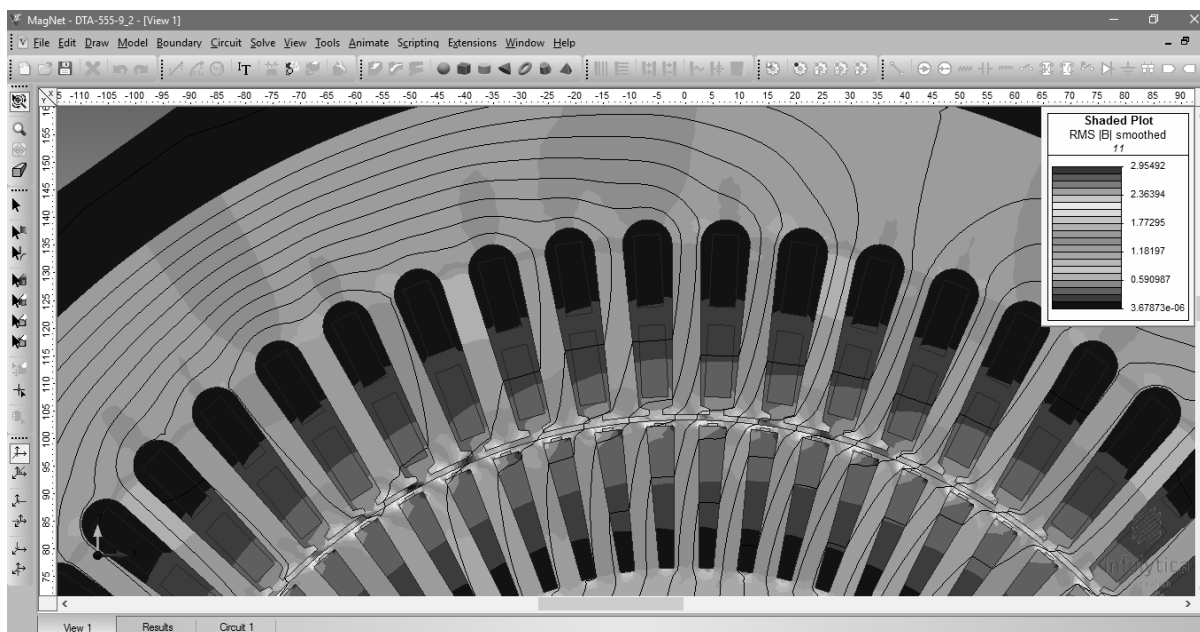


Рис. 1. Распределения индукции электромагнитного поля в зазоре

Как видно из рисунка, применение метода конечных элементов позволит более точно описывать электрическую машину, что, в свою очередь, позволит создавать более качественный и предсказуемый продукт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Находкин, М. Д.** Проектирование тяговых электрических машин / М. Д. Находкин. – Москва: Транспорт, 1976. – 624 с.
2. **Lowther, D. A.** Computer aided design in magnetics / D. A. Lowther. – New York: Springer-Verlag Inc., 1986. – 329 с.
3. MagNet Magnetostati /Time-harmonic/Transient/Transient with motion 2D & 3D. – Monreal: Infolytica corporation, 2017. – 221 с.

УДК 004.3
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ
СЛОЖНЫХ ДИСЦИПЛИН ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Ю. Д. СТОЛЯРОВ, В. П. ВАСИЛЕВСКИЙ, Э. И. ЯСЮКОВИЧ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В настоящее время для изучения сложных дисциплин вычислительной техники требуется дорогостоящее оборудование и сложное программное обеспечение, которое необходимо постоянно обновлять, что требует значительных финансовых затрат. Указанных трудностей можно избежать, используя виртуальную лабораторию. Это набор программного обеспечения, который мог бы заменить фактическое выполнение рассматриваемой лабораторной работы на физически существующей лабораторной установке в ходе учебного процесса. Современный уровень развития информационных технологий обеспечивает легкость и простоту передачи студентам в электронном виде самых разных видов учебных пособий и методических рекомендаций, иллюстрирующих ход выполнения лабораторных работ, баз данных с результатами лабораторных данных и измерений, примеров тестовых заданий с перечнем контрольных вопросов и различных форм компьютерного самотестирования. Вся необходимая информация будет находиться на сервере учебного заведения. Доступ к учебному материалу может быть организован как с любого компьютера учебного заведения, так и путем удаленного доступа из любого места с использованием Интернета. Такой подход дает возможность осваивать учебный материал в любое удобное для обучаемого время, а не только во время занятий и неоднократно его повторять для лучшего усвоения.

Основным связующим звеном в этом случае является интерфейс, он должен отражать реальное состояние исследуемого процесса, т. к. здесь работает зрительное восприятие информации. То есть если это узлы компьютера, то они должны иметь соответствующий вид и иметь реальные характеристики исследуемого устройства. При изучении различных операций, выполняющихся компьютером, необходимо, чтобы обучающий мог наглядно шаг за шагом просмотреть ход выполнения этих операций, а также представлять, где и в каких узлах компьютера размещается информация. В известных виртуальных работах обучение сводится к графической сборке персонального компьютера из комплектующих и размещение их в соответствующих местах. В данной работе с помощью виртуальной лаборатории реализован комплекс лабораторных работ по дисциплине «Архитектура ЭВМ», который программно реализует выполняемые компьютером действия и с помощью интерфейса демонстрирует их пошагово с использованием двоичной арифметики и рядом отражает процесс передвижения информации в соответствующих узлах компьютера.

Продemonстрируем ее работу на примере выполнения компьютером операции умножения (рис. 1). Рассмотрен один из возможных способов умножения двоичных чисел, а именно умножение двоичных чисел, начиная с младших разрядов множителя при неподвижном множимом. Для получения произведения двух n -разрядных чисел достаточно использовать только n -разрядные регистры, что упрощает структуру машины. Окончательное произведение будет располагаться так: старшие разряды произведения находятся в регистре сумматора, а младшие в регистре множителя. В ЭВМ произведение чисел вычисляется путем анализа разрядов множителя и получения суммы частичных произведений. Сначала анализируется значение младшего разряда, если он равен 1, то в сумматор добавляется множимое, затем осуществляется сдвиг результата вправо. Если множитель равен 0, то просто осуществляется сдвиг результата вправо. Затем осуществляется очередной сдвиг младшего разряда вправо и процесс повторяется до анализа всех разрядов множителя. При этом формируются суммы частичных произведений, их количество равно количеству разрядов множителя.

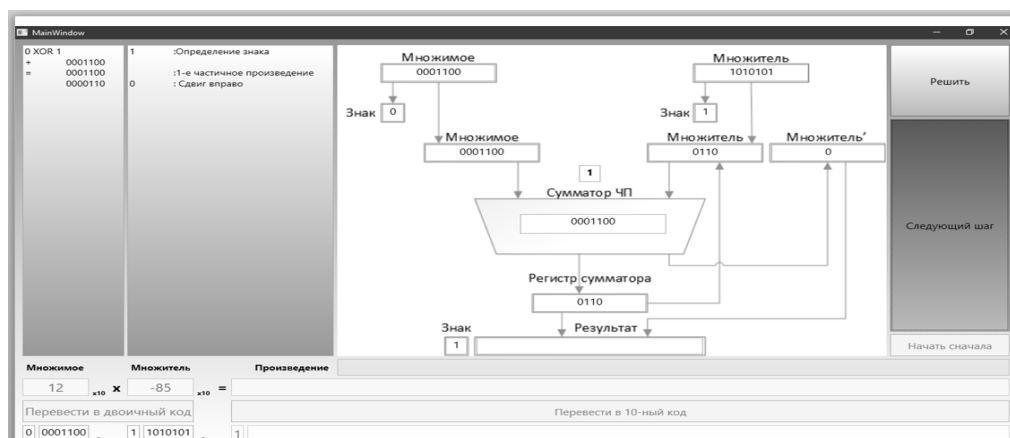


Рис. 1. Схема работы устройства

На схеме слева показано начало вычисления произведения двух чисел. Сначала вводятся сомножители в десятичном виде. Затем производится их преобразование в двоичный код с учетом знака. Знак произведения определяется путем сложения знаковых разрядов сомножителей и сразу выводится. Далее представлен процесс последовательного получения суммы частичных произведений и получения результата в двоичном виде. Он может быть получен и в десятичном представлении. Вычисления производятся пошагово и в автоматическом режиме с различной скоростью. Справа показан ход выполнения операций непосредственно в АЛУ вычислительной машины, которое представлено в виде отдельных блоков. Работа является виртуальным устройством, реализованном в виде программного продукта на языке C#.

УДК 621.3

РАЗРАБОТКА АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА БАЗЕ ИМПУЛЬСНОГО УСТРОЙСТВА ПЛАВНОГО ПУСКА

А. С. ТРЕТЬЯКОВ, О. А. КАПИТОНОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

На основе трехлетних исследований был разработан энергоэффективный комплектный асинхронный электропривод на базе импульсного устройства плавного пуска.

На рис. 1 показана функциональная схема разработанной системы электропривода.

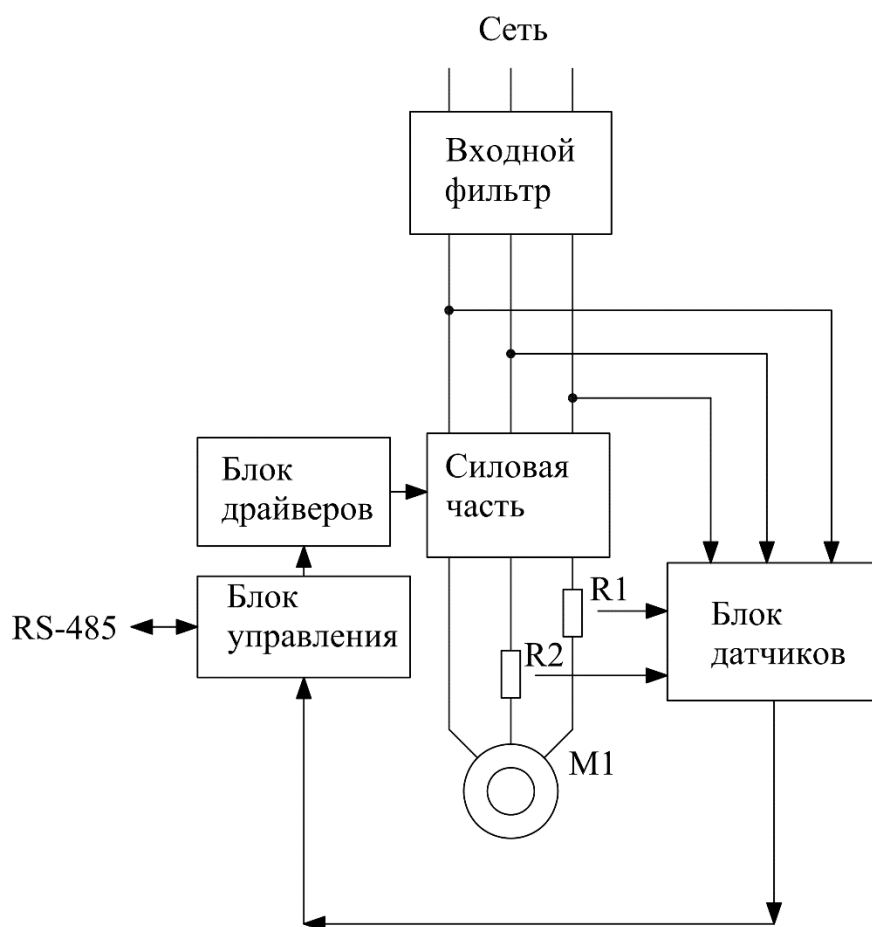


Рис. 1. Функциональная схема разработанной системы электропривода

Система электропривода включает в себя: входной фильтр, блок драйверов, блок управления, силовую часть, блок датчиков, электродвигатель.

Входной фильтр представляет собой последовательно включенный дроссель и параллельно включенный конденсатор в каждой фазе.

Блок датчиков выполняет преобразование уровней входных фазных напряжений и сигналов токовых шунтов к уровню, оптимальному для

подачи на АЦП блока управления. Также блок датчиков осуществляет гальваническую развязку сигналов тока и напряжения от питающей сети.

Блок драйверов осуществляет гальваническую развязку блока управления от силовых цепей и формирует необходимые уровни сигналов на затворах силовых транзисторов.

Блок управления построен на базе микроконтроллера STM32F103C8 и выполняет функции синхронизации с питающей сетью, управления силовыми транзисторами, управления дополнительным вентилятором, обеспечения тепловой защиты электродвигателя.

Показанные на рис. 1 блоки драйверов и датчиков реализованы в виде отдельных печатных плат.

Плата блока датчиков содержит высокоомные делители напряжений для преобразования уровней фазных напряжений питающей сети к необходимому для подачи на АЦП блока управления уровню. Плата содержит три компаратора, реализованные на базе микросхемы LM324N для выработки сигналов синхронизации с полярностью фазных напряжений. Также плата содержит два изолирующих усилителя на микросхемах HCPL7840 для гальванической развязки сигналов токовых шунтов от силовой части.

Плата блока драйверов содержит семь оптронов 4N35 для гальванической развязки от силовой части поступающих от блока управления сигналов. Плата содержит четыре микросхемы драйверов полумоста IR2110. Три микросхемы драйвера осуществляют подачу сигналов на затворы основного и вспомогательного транзисторов в каждой из фаз. Четвертая микросхема осуществляет управление транзистором цепи питания дополнительного вентилятора. Плата блока драйверов также содержит преобразователь напряжения из 12 в 5 В для питания оптронов и силовой низковольтный транзистор для управления дополнительным вентилятором.

Блок управления реализован на базе готовой отладочной платы STM32F103C8. Показанные на рис. 2 блоки функциональной схемы реализованы в виде программных модулей микропрограммы. В качестве блока ШИМ использованы таймеры 1 и 2 микроконтроллера в режиме многоканального генератора ШИМ.

Силовая часть маломощного макетного образца реализована на MOSFET транзисторах.

С использованием разработанного макетного образца была проведена отладка микропрограммы блока управления, проверка корректности предложенных алгоритмов работы системы управления, проверка работоспособности разработанных плат блока драйверов и блока датчиков. В результате процесса отладки была достигнута полная работоспособность маломощного макетного образца и его составных частей.

УДК 621.3:658.34
ГАРМОНИЗАЦИЯ ЛОКАЛЬНЫХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ
ПО РЕМОНТУ РУДНИЧНОГО ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Л. Г. ЧЕРНАЯ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Ю. И. МАКАРЕВИЧ
Департамент по надзору за безопасным ведением работ
в промышленности (ГОСПРОМНАДЗОР)
Минск, Беларусь

В связи с введением технического регламента ТР ТС 012/2011 «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах» на горнодобывающих предприятиях Республики Беларусь и Российской Федерации возникла необходимость гармонизировать существующие локальные нормативные документы по ремонту взрывозащищенного электрооборудования на соответствие требованиям технического регламента. Научно-исследовательская лаборатория «Взрывозащищенного электрооборудования» Белорусско-Российского университета в сотрудничестве с Управлением надзора за безопасностью горных и взрывных работ, металлургических производств и утилизации боеприпасов Госпромнадзора Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь при участии представителей электроремонтного цеха ОАО «Беларуськалий» выполнила для ОАО «Беларуськалий» переработку руководящего документа «Электрооборудование взрывозащищенное. Руководство по ремонту».

В результате проделанной работы в руководящем документе:

- 1) актуализирована используемая нормативная база, термины и определения;
- 2) регламентирована организация ремонта рудничного взрывозащищенного электрооборудования на ОАО «Беларуськалий»;
- 3) сформулированы требования к техническому оснащению, нормативной и технической документации для обеспечения ремонта рудничного взрывозащищенного электрооборудования ОАО «Беларуськалий»;
- 4) регламентированы требования к руководителям, специалистам (инженерно-техническим работникам) и техническому персоналу (рабо-

чим), занятых ремонтом/проверкой рудничного взрывозащищенного электрооборудования;

5) определены методики восстановления и изготовления необходимых составных частей ремонтируемого рудничного взрывозащищенного электрооборудования;

6) рассмотрены особенности ремонта рудничных взрывозащищенных электродвигателей;

7) изложены дополнительные требования к ремонту и проверке электрооборудования с различными видами взрывозащиты («d», «e», «i», «p» и «q»);

8) определены типовые объемы работ при текущем и капитальном ремонтах взрывозащищенных электродвигателей и комплектных взрывозащищенных рудничных трансформаторных подстанций;

9) составлена программа обучения технического персонала (рабочих) ремонтных предприятий (подразделений), занятого ремонтом рудничного взрывозащищенного электрооборудования на ОАО «Беларуськалий»;

10) приведены образцы и формы различных документов, оформляемых при ремонте рудничного взрывозащищенного электрооборудования на ОАО «Беларуськалий»;

11) определены требования к проверкам и испытаниям электродвигателей переменного тока и комплектных взрывозащищенных трансформаторных подстанций после капитального ремонта;

12) регламентировано проведение гидравлических испытаний взрывонепроницаемых оболочек.

Актуализированный руководящий документ позволит повысить уровень промышленной безопасности при проведении ремонта рудничного взрывозащищенного электрооборудования. Белорусско-Российский университет предлагает всем заинтересованным организациям Российской Федерации выполнить аналогичный комплекс работ по согласованию, гармонизации и разработке локальных нормативных актов по ремонту рудничного и общепромышленного взрывозащищенного электрооборудования в соответствии с требованиями ТР ТС 012/2011 «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах».

УДК 621.3:658.34
КОМПЛЕКСНЫЙ КОНТРОЛЬ ВЫБОРА ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ СРЕД

Л. Г. ЧЕРНАЯ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

А. Е. САЗОНКО
Департамент по надзору за безопасным ведением работ
в промышленности (ГОСПРОМНАДЗОР)
Минск, Беларусь

При сертификации технологических систем или комплексном анализе безопасности взрывозащищенного электрооборудования производственных процессов эффективно использовать специальные опросные листы (чек-листы), которые позволяют оперативно оценить состояние и выявить несоответствия оборудования требованиям определенных нормативных документов. Научно-исследовательская лаборатория «Взрывозащищенное электрооборудование» Белорусско-Российского университета принимала участие при сотрудничестве с Управлением надзора за безопасностью предприятий химической промышленности и переработки зерна Департамента по надзору за безопасным ведением работ в промышленности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (Госпромнадзора) в составлении опросного (чек) листа на соответствие взрывозащищенного электрооборудования технологических установок требованиям ГОСТ IEC 60079-14–2013.

В составе опросного листа сформулировано более 300 контрольных пунктов, которые укрупненно можно объединить в следующие группы:

- 1) требования к наличию соответствующей документации на установленное взрывозащищенное электрооборудование, подлежащее анализу, и технологическую установку в целом;
- 2) соответствие маркировки установленного взрывозащищенного электрооборудования классам взрывоопасных зон и параметрам образующихся в них взрывоопасных смесей;
- 3) соблюдение требований к оборудованию, генерирующему оптическое, ультразвуковое или электромагнитное излучение во взрывоопасную зону;
- 4) контроль учета внешних воздействий на исследуемое электрооборудование;

5) проверка соблюдения дополнительных требований к определенному виду электрооборудования: электродвигателям, светильникам, газоанализаторам, устройствам радиочастотной идентификации, системам электронагрева, элементам питания и батареям;

6) контроль системы электропроводки, выполнения монтажа электрических цепей, включая электрические соединители, вводные устройства и иные элементы монтажа;

7) проверка параметров типовых электрических защит и систем аварийного отключения;

8) контроль реализации защиты от опасного искрения (состав легких металлов в конструкционных материалах, защита от поражения электрическим током, системы уравнивания потенциалов, реализация защиты от статического электричества, молниезащита, катодная защита и т. п.);

9) проверка состава выполненных испытаний;

10) дополнительные требования к оборудованию с определенными видами взрывозащиты («d», «i», «e», «p», «q», «o», «n», «m», «or», «t»);

11) контроль соблюдения требований к знаниям и компетенции проектировщиков, эксплуатационного персонала и должностных лиц, обслуживающих анализируемое взрывозащищенное электрооборудование;

12) проверка правильности выполнения маркировки взрывозащиты и дополнительной информации.

Разработанный опросный (чек) лист предназначен для использования инспекторами Госпромнадзора при проведении комплексных проверок различных предприятий Республики Беларусь, эксплуатирующих взрывозащищенное электрооборудование. Также планируется использование указанного опросного листа при сертификации взрывозащищенного электрооборудования на соответствие требованиям технического регламента Таможенного союза ТР ТС 012/2011.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Т. Л. ШЕБАН, И. Ю. ДЕРЕВЯНКО, С. Н. ПЕТРОЧЕНКО

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Сегодня в образовательную практику широко внедряется проектная деятельность. Под проектом понимается система мероприятий, ограниченных по времени и ресурсам, направленных на создание конечного продукта. Это всегда разовая деятельность, требующая тщательного планирования. При планировании (проектировании) предстоящей работы выбираются методы решения поставленной задачи, определяются средства, сроки, исполнители. Основным достоинством проектной деятельности в учебном процессе является то, что обучаемые активно и творчески участвуют в процессе познания. Результатом учебного проекта является самостоятельно выполненный студентами программный продукт, а также освоенные новые знания, методы и технологии.

Классическое проектное управление содержит следующие этапы:

- 1) организационно-подготовительный этап;
- 2) планирование проектной деятельности;
- 3) реализация и тестирование продукта;
- 4) получение готового продукта.

Классическое проектное управление строго привязано ко времени выполнения задач и для сопровождения проектов удобно использовать диаграмму Ганта или другие инструменты календарно-сетевого планирования.

Если содержание проекта и его параметры, ресурсы не являются неизменными, используют гибкие технологии проектного менеджмента типа Agile – методы Scrum и Kanban. Они эффективны для небольшой команды участников (до 10 человек), только в Scrum специалисты широкого профиля, они помогают друг другу, заменяют, консультируют. Также в команде Scrum есть мастер, который проводит ежедневно собрания по проекту.

По принципам Agile работа над проектом ведётся итерациями (спринтами). После каждого спринта выходит продукт, который уже можно применять. Это делается для того, чтобы проверить его руководителем (заказчиком, пользователями) и исправить. Так, обеспечивается постоянная обратная связь Исполнитель-Заказчик. Методы Scrum и Kanban используют бэклог (список задач проекта) и доску состояний задач проекта, на которой продвигаются карточки – задачи проекта. Применение методов Agile целесообразно начинать с Kanban как с более простой и демократичной.

УДК 004.9:519.8
ПРИМЕНЕНИЕ STEM-ПОДХОДА В ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Т. Л. ШЕБАН, И. Ю. ДЕРЕВЯНКО, С. Н. ПЕТРОЧЕНКО

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Новый в отечественном техническом образовании STEM-подход (Science-Technology-Engineering-Mathematic) появился в США в конце XX в. и на данный момент уже получил признание и распространение во всем мире.

Он основывается на междисциплинарном взаимодействии естественных наук и новых технологий, ориентирован при этом на применение математического аппарата при решении конкретной инженерной задачи.

Использование STEM-подхода в образовании помогает взрастить специалистов, умеющих сочетать передовые технологии и знания, полученные при изучении различных естественных наук: биологии, химии, физики, информатики.

С использованием STEM-технологии была организована работа над учебным web-проектом «Методы оптимизации».

Методы оптимизации явились математической составляющей STEM-подхода к web-проекту.

Научным руководителем И. А. Беккер была поставлена перед участниками проекта цель создать web-приложение, являющееся электронным средством обучения с функциями учебника и «решебника», описывающего решение оптимизационной задачи согласно приведенному в учебнике алгоритму.

Студенты были мотивированы на создание своего первого серьезного программного продукта.

Работа была организована командно с применением проектного управления, студенты совместно изучали необходимые технологии, с учетом распределения функций в проекте создавали, тестировали и интегрировали модули.

Фундаментальной естественной наукой, участвовавшей в STEM-кооперации, являлась информатика, а именно такой ее раздел, как программирование.

В работе над проектом использовались технологии интернет-программирования с использованием языка разметки HTML5 и средства описания внешнего вида web-страниц CSS3, языка программирования JavaScript и его библиотеки jQuery, интерфейсного фреймворка Bootstrap3.

Для реализации вычислений был выбран язык JavaScript, т. к. он позволяет производить все вычисления на клиентской машине в браузере.

Нужно отметить, что к моменту начала работы над проектом «Методы оптимизации. Линейное программирование» в группе АСОИ-161 с JavaScript был знаком только один участник – Гапоненко Евгений, и одной из его задач стала поддержка изучения языка другими членами команды.

Вычисления и решения задач оптимизации реализованы так, что введенные пользователем значения передаются из dom-элемента в JavaScript, в JavaScript производятся все необходимые вычисления согласно алгоритму выбранного метода, после чего выводится подробное решение задачи путём обновления dom-структуры страницы и вставки в неё нужных пояснений.

Проект, выполненный с применением адаптивной верстки, не просто покажет уменьшенную версию сайта на малом дисплее, а сохранит при этом необходимый функционал. Пользователю не придется смещать видимую область или уменьшать шрифт.

При адаптивном дизайне фактически dom-элементы динамически подстраиваются под различные разрешения экрана, видны необходимые элементы, а не особо значимые можно скрыть или по-иному расположить.

Web-приложение может работать кроссбраузерно, что означает корректность загрузки и отображения во всех популярных браузерах.

STEM-проекты могут реализовываться с активным использованием творческой компоненты в плане оформления, дизайна, и это целое направление в сфере STEM-технологий. В этом случае междисциплинарное и технологическое взаимодействие называется STEAM, с добавлением слова Art. В принципе, любой учебный проект есть явление творческое, в случае STEAM-подхода упор делается на художественно-техническое проектирование.

По отношению к web-проекту «Методы оптимизации» можно утверждать, что он осуществлен с использованием более широкой технологии STEAM, поскольку одним из этапов работы является web-дизайн.

В результате работы над проектом студенты не только получили навыки решения оптимизационных задач (что являлось требованием учебной программы по дисциплине), но и создали свой собственный web-продукт, при этом активно участвуя в педагогическом взаимодействии.

Участники проекта приобрели умения самостоятельно постигать новые знания, управлять проектом на различных его этапах, организованно и слаженно работать в команде.

Творческая атмосфера, чувство самостоятельности участников проекта, их значимости – те составляющие учебной деятельности, которые приводят к эффективному результату.

ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ В СОВРЕМЕННЫХ
ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

А. И. ЯКИМОВ, Е. А. ЯКИМОВ, Е. А. ЗАЙЧЕНКО

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Обеспечение безопасности информационных технологий занимает все более значительное место в учебных планах образовательных систем, например, при подготовке бакалавров по направлениям 09 03 01 «Информатика и вычислительная техника», 09 03 04 «Программная инженерия».

Операционные системы (ОС) используют развитые средства обеспечения безопасности информации, например, аутентификацию и авторизацию пользователей, контроль их действий, криптографическую защиту, защиту от сбоев и атак злоумышленников. Основным механизмом защиты информации является контроль доступа к ресурсам операционной системы, основанный на правилах разграничения доступа к ним для пользователей.

Используется следующая схема: пользователи начинают выполнять операции (чтение/запись/исполнение) с информационными ресурсами, а ОС должна определить, имеют ли они на это право. При этом пользователи являются субъектами доступа, а ресурсы – объектами. Пользователь получает доступ к объектам с помощью прикладных процессов, которые запускаются от его имени. Для каждого типа объектов определяется набор операций, которые с ними можно выполнять. Субъектами доступа могут быть как отдельные пользователи, так и группы. У каждого объекта доступа существует владелец. Система контроля доступа ОС должна предоставлять средства для задания прав пользователей по отношению к объектам дифференцированно по операциям, например, пользователю может быть разрешена операция чтения и исполнения файла, а операция записи – запрещена.

Выделяют два основных подхода к определению прав доступа.

Избирательный доступ – для каждого объекта сам владелец может определить допустимые операции с ними. Между пользователями и группами в системах с избирательным доступом нет жестких иерархических взаимоотношений. Исключение делается только для администратора, по умолчанию наделяемого всеми правами.

Мандатный доступ – система наделяет пользователя определенными правами по отношению к каждому ресурсу в зависимости от того, к какой группе отнесен пользователь. От имени системы выступает администратор, а владельцы объектов лишены возможности управлять доступом к ним по своему усмотрению. Все группы пользователей представляют

иерархию, в которой члены группы не имеют возможности предоставлять свои права членам групп более низких уровней иерархии.

Следует отметить, что большинство ОС общего назначения (Windows 10, macOS, Android) поддерживают только механизм избирательного доступа к ресурсам, что снижает степень защиты информации.

Федеральной службой по техническому и экспортному контролю, Минобороны России сертифицирована ОС Astra Linux Special Edition, в которой реализован механизм мандатного разграничения доступа. Решение о запрете или разрешении доступа субъекта к объекту принимается на основе типа операции (чтение/запись/исполнение), мандатного контекста безопасности, сопряженного с каждым субъектом, и мандатной метки, сопряженной с объектом.

Astra Linux Special Edition является ОС специального назначения, используется для обработки всех видов открытой информации и ограниченного доступа: персональных данных, конфиденциальной, содержащей служебную, банковскую и государственную тайну. Поэтому Astra Linux находит применение не только в государственных и силовых учреждениях, но и в банковском, коммерческом и других секторах экономики.

Все приложения, которые входят в дистрибутив ОС Astra Linux, поддерживают механизмы мандатного контроля доступа. Это позволяет создать единую среду безопасности, включающую ОС и используемое программное обеспечение. Всей информации, попадающей в систему Astra Linux, присваивается уровень конфиденциальности. Носители информации, включая переносимые, также категорируются по уровням конфиденциальности. При выводе документов на печать, документ попадет в защищенный комплекс печати и маркировки документов. По настроенному шаблону формируется штамп, отражающий степень секретности, ФИО, дату и другие данные о печатающем лице. Это позволяет значительно упростить работу с бумажным делопроизводством в соответствии с утвержденными регламентами и политиками безопасности. Данный функционал отвечает современной парадигме управления информационной безопасностью по ISO/IEC серии 27000 и других нормативных актов, специфических для юрисдикций стран СНГ.

Кроме того, ОС Astra Linux поддерживает виртуализацию и терминальные режимы доступа, что дает возможность использовать ее для реализации замкнутой защищенной среды, где в качестве гостевой ОС может выступать любая другая ОС, например, Windows.

Для ЭВМ с процессорами x86-64 разработаны Astra Linux Common Edition (релиз «Орел») и Astra Linux Special Edition (релиз «Смоленск»). Задача приобретения ОС Astra Linux для образовательного процесса может быть решена путем заключения договора с официальным представителем ООО «РусБИТех-Астра» в Республике Беларусь.

УДК 007:004.4

КОНТРОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ IT-СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ПОСРЕДСТВОМ АВТОМАТИЗАЦИИ

С. П. ЯНУКОВИЧ, Т. В. МРОЧЕК, Д. С. ОРЕХОВСКИЙ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Быстрое развитие IT-технологий требует новых методов и подходов к обучению. Проблема традиционных подходов к обучению (особенно в сфере информационных технологий) в их инертности, которая приводит к несоответствию квалификации специалистов потребностям рынка труда.

При обучении студентов IT-специальностей актуальной является задача контроля самостоятельной работы, т. к. IT-специалистам на протяжении всей карьеры приходится постоянно самостоятельно осваивать новые технологии. Автоматизация процесса контроля значительно упрощает работу преподавателя по сравнению с классическим обучением за счет отсутствия строгого расписания, что позволяет преподавателям взаимодействовать с обучаемыми в любое удобное для обеих сторон время.

Контроль самостоятельной работы студентов реализован в Web-приложении «SkillsForYou», разработанном на кафедре «Автоматизированные системы управления» Белорусско-Российского университета.

Web-приложение «SkillsForYou» обладает следующим набором возможностей: изучение теоретического материала, прохождение тестирования, решение задач в процессе прохождения каждого урока, а также выполнение контрольных работ по итогам прохождения каждого курса.

В процессе подготовки IT-специалистов определяющее значение имеет возможность изучать несколько языков программирования и использовать их при решении задач. В «SkillsForYou» реализована многоязычная среда программирования, обеспечивающая возможность компиляции кода, написанного на разных языках программирования (Python, C#, Java, JavaScript, C++, PHP) в одном окне с последующим автоматическим прохождением программных тестов. Существующие известные аналоги ориентированы преимущественно на изучение одного языка программирования.

В настоящее время в данное Web-приложение для контроля самостоятельной работы студентов внесены курсы по языкам Python, C#, Java, JavaScript, C++, PHP. В подготовке материалов и проверке курсов активное участие принимали студенты, являющиеся сотрудниками IT-компаний.

Помимо контроля самостоятельной работы студентов IT-специальностей, Web-приложение «SkillsForYou» может использоваться для повышения квалификации IT-специалистов путем прохождения курсов по новым технологиям, а также в процессе профориентационной работы со школьниками, желающими поступать в ВУЗы на IT-специальности.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕГУЛЯРНЫХ ВЫРАЖЕНИЙ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ С ТЕКСТОМ

Э. И. ЯСЮКОВИЧ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Регулярное выражение – это формальный язык поиска и манипуляций с подстроками текста, основанный на использовании шаблонов, представляющих собой строки, состоящие из символов и метасимволов. То есть это своеобразный фильтр для текстовых данных. Они используются в языках программирования, офисных и некоторых других программных средствах.

Изначально регулярные выражения появились в среде UNIX и использовались в языке программирования Perl. Затем они были внедрены в Windows, где поддерживаются множеством классов .NET из пространства имен System.Text.RegularExpressions.

В качестве используемых в регулярных выражениях метасимволов можно выделить их классы: [...] – любой из указанных в скобках символ; [^...] – любой из неуказанных в скобках символ; . – любой символ, кроме перевода строки или другого разделителя Unicode-строки; \w – любой текстовый символ, не являющийся пробельным; \W – любой символ, не являющийся текстовым; \s – любой пробельный символ из набора Unicode; \S – любой непробельный символ из набора Unicode; \d – любая цифра; \D – любой символ, отличный от цифры, эквивалентно [^0-9]. В регулярных выражениях используются также группы метасимволов повторения, выбора и якорные символы.

Работа с регулярными выражениями требует некоторых предварительных настроек, описаний и технологий. Например, использование их при работе в текстом в редакторе MS Word начинается с вызова окна «Найти и заменить», которое открывается нажатием «Ctrl+F» или кнопки «Заменить» на вкладке «Главная». Затем в появившемся окне «Найти и заменить» необходимо нажать кнопку «Больше >>» и отметить опцию «Подстановочные знаки», чтобы Word воспринимал регулярные выражения, т. е., чтобы служебные символы в полях «Найти» и «Заменить» воспринимались как подстановочные знаки, а не как символы, которые необходимо найти.

После этого в поле ввода «Найти» необходимо ввести регулярное выражение, описывающее искомое слово или подстроку текста, а в поле «Заменить на» – выражение, описывающее выполняемые действия с найденными фрагментами текста. Например, чтобы заменить строку «Иванов М. С.» на «М. С. Иванов» достаточно построить регулярное выражение:

`([А-Я]{1;1}[а-я]{1;55}) ([А-Я]{1;1})\.` `([А-Я]{1;1})\.` ,

которое необходимо ввести в поле ввода «Найти». Здесь `[А-Я]{1;1}` означает, что первым символом в искомой фамилии может быть одна русская прописная буква; `[а-я]{1;55}` – указывает, что фамилия может

содержать от 2 до 55 и более строчных букв; после которой – один пробел; ([А-Я]{1;1})\.. – после пробела одна прописная буква с точкой, которая повторяется два раза через пробел.

В поле «Заменить на» введено выражение: \2.\3.^s\1 . Здесь «\2.» означает вторую подстроку в исходном тексте, т. е. «М.», «\3.» – третью подстроку, т. е. «С.», «^s\1» – указывает, что эти строки необходимо разместить в начале.

В языке C# также имеются средства для работы со строками текста, например, в пространстве имен System.Text имеется класс String, который предоставляет достаточную функциональность. Однако в этом языке для работы с текстами имеется мощный инструмент RegularExpression – регулярные выражения, представляющий собой основанный на использовании метасимволов формальный язык по обработке больших текстов, т. е. по выполнению манипуляций с его подстроками. Основная функциональность регулярных выражений в этом языке сосредоточена в пространстве имен System.Text.RegularExpressions, а центральным классом для работы с ними является класс Regex, в котором содержатся методы: IsMatch(), Match(), Matches(), Replace() и Split().

Класс Regex имеет ряд конструкторов, позволяющих выполнить начальную инициализацию объекта. Эти конструкторы в качестве одного из параметров принимают перечисление RegexOptions, которое может принимать значения CultureInvariant, ExplicitCapture, IgnoreCase, IgnorePatternWhitespace, Multiline, RightToLeft, Singleline.

Простейший пример кода C# программы, выполняющей работу с регулярными выражениями, может иметь вид:

```
using System.Text.RegularExpressions;
namespace RegexSample {
    Class mainClass {
        Static void Main() {
            String text = "Метод <b>Replace</b>используется для поиска с заменой";
            Bool match = Regex.IsMatch(text, "<b>(.*?)</b>"); // Regex – класс
            Console.WriteLine(match.ToString());
            String textOut = Regex.Replace(text, "<b>(.*?)</b>", @"<u>$1</u>",
                RegexOptions.IgnoreCase);
            Console.WriteLine(textOut);
            string[] splitStr = Regex.Split(text, ">");
            for (int i = 0; i < splitStr.Length; i++) {
                Console.WriteLine(splitStr[i]);
            }
            MatchCollection matches = Regex.Matches(text, "<b>(.*?)</b>",
                RegexOptions.IgnoreCase);
            Console.WriteLine("Совпадений: " + matches.Count.ToString());
            For (int i = 0; i < matches.Count; i++) {
                Console.WriteLine("Совпадение " + i + ": " + matches[i].Value);
            }
            Console.ReadLine();
        }
    }
}
```

УДК 338.984

ОЦЕНКА РИТМИЧНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИМЕРЕ
ОАО «МОГИЛЕВСКАЯ ФАБРИКА МОРОЖЕНОГО»

А. В. АВСЯННИКОВА, Н. В. КОТЕЛЬНИКОВА

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

При изучении деятельности предприятия одним из наиболее важных аспектов является анализ ритмичности производства и реализации продукции. Ритмичность – это равномерный выпуск продукции в соответствии с графиком в объеме и ассортименте, предусмотренными планом.

Ритмичная работа предприятия создает условия для эффективного использования производственных ресурсов и максимального использования резервов предприятия. Она свидетельствует о слаженной организации всех подразделений предприятия и высокой культуре производства.

В табл. 1 представлен расчет ритмичности производства продукции ОАО «Могилевская фабрика мороженого» за три года.

Табл. 1. Расчет ритмичности производства продукции на предприятии

Год	Объем производства продукции за год, тыс. р.		Удельный вес продукции, %		Выполнение плана, коэффициент	Доля продукции, зачтенная в выполнение плана по ритмичности, %
	План	Факт	План	Факт		
2015	12 476,00	14 100,00	27,81	31,60	1,13	27,81
2016	15 456,00	14 830,00	34,45	33,24	0,96	33,24
2017	16 936,00	15 687,00	37,75	35,16	0,93	35,16
Итого за 3 года	44 868,00	44 617,00	100,00	100,00	–	96,20

Коэффициент вариации равен 0,083, это значит, что производство продукции по годам отклоняется от графика в среднем на 8,3 %. Показатель ритмичности на ОАО «Могилевская фабрика мороженого» равен 0,24, что свидетельствует о среднем отклонении от плана производства продукции на 24 %. Ритмичность производства продукции на предприятии составляет 96,20 %, что говорит о достаточно ритмичной работе предприятия. Однако следует отметить, что наблюдается небольшое нарушение плановых ритмов производства. В работе определены факторы, вызвавшие нарушения ритмичности, и сформулированы меры по их устранению, что позволит уменьшить объемы незавершенного производства и сверхплановые остатки готовой продукции, так как ритмичная работа является основным условием своевременного производства и реализации продукции в условиях рыночной нестабильности.

УДК 336.71

ГОСУДАРСТВЕННЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОНОМИКИ И ФИНАНСОВОЙ СФЕРЫ

М. С. АЛЕКСАНДРЁНОК, Ю. В. ВОРОНКОВ, В. А. УСТИНОВИЧ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Мировой тренд инновационного развития – трансформация традиционной экономики в цифровую экономику. Республика Беларусь развивается в данном направлении достаточно успешно, в первую очередь за счет создания государством специальных условий, включающих законодательные, экономические и институциональные инструменты.

Среди законодательных инструментов следует выделить два Декрета Президента Республики Беларусь:

- «О Парке высоких технологий» № 12 от 22.09.2005 г.;
- «О развитии цифровой экономики» № 8 от 21.12.2017 г.

Декрет № 12 зафиксировал принцип экстерриториальности и особый налогово-правовой режим для резидентов Парка высоких технологий (ПВТ) и тем самым дал старт (2006 г.) развитию IT-отрасли, которая не только успешно развивается и демонстрирует высокие финансовые показатели работы, но и выступает центром цифрового развития всех секторов экономики, в том числе и финансовой сферы.

По данным 2017 г., на долю IT-отрасли приходится 10,5 % валового внутреннего продукта (ВВП) в секторе услуг и 5,1 % общего ВВП республики, доля экспорта IT-услуг/продуктов составила 3,25 % от его общего объема (рост в 30 раз по сравнению с 2006 г.). Совокупный объем производства ПВТ увеличился более чем в 50 раз, превысив сумму в один миллиард долларов США [1].

Декрет № 8, основные положения которого вступили в действие с 28 марта 2018 г., не только расширяет возможности дальнейшего развития Парка высоких технологий, но и стимулирует развитие цифровой экосистемы за счет следующих экономических и институциональных рычагов.

1. Расширены сферы деятельности резидентов ПВТ (в перечень включены: киберспорт, искусственный интеллект, системы беспилотного управления транспортными средствами и др., выделена образовательная деятельность в сфере информационно-коммуникационных технологий, т. е. резиденты вправе заниматься подготовкой кадров для себя).

2. Упрощена работа резидентов ПВТ, им разрешается заключать внешнеэкономические сделки в электронном виде с использованием сети Интернет и совершать операции с электронными деньгами без ряда ограничений.

3. Продлен до 2049 г. льготный налогово-правовой режим ПВТ.

4. Узаконены криптовалюты, ICO, смарт-контракты.

5. Предоставлены налоговые льготы по деятельности резидентов ПВТ по майнингу, созданию, приобретению, отчуждению токенов, которая до 2023 г. не облагается налогом на добавленную стоимость и налогом на прибыль, для физических лиц – подоходным налогом.

Менее чем за год получены ощутимые результаты:

- на конец 2018 г. в ПВТ работает 454 резидента, прирост составил 136 %;
- 15 января 2019 г. открылась первая криптобиржа, статус профессионального участника рынка криптовалют получил резидент ПВТ «Cointensity.com»; на первой в Беларуси торговой платформе для токенизированных биржевых активов заинтересованные лица могут совершать финансовые сделки с использованием криптовалюты.

Поступательно осуществляется цифровая трансформация кредитно-финансовой системы, параллельно создаются инфраструктурные условия для всех участников данного процесса. Из последних внедренных механизмов следует отметить следующие.

1. Национальный банк Республики Беларусь (НБ РБ) создал на основе технологии блокчейн (Blockchain) информационную сеть, которая может использоваться для решения широкого спектра современных и перспективных банковских и небанковских задач. На первом этапе сеть блокчейн внедряется в рамках банковской системы (постановление Правления НБ РБ № 279 от 11.07.2017 г. «О внесении дополнений и изменений в Инструкцию о порядке формирования и ведения реестра банковских гарантий» предусматривает включение технологии блокчейн в механизм передачи информации о банковских гарантиях).

2. Разработан и введен в действие порядок формирования в бухгалтерском учете информации о цифровых знаках (токенах) (постановление Министерства финансов Республики Беларусь № 16 от 06.03.2018 г. «Об утверждении Национального стандарта бухгалтерского учета и отчетности «Цифровые знаки (токены)» и внесении дополнений и изменений в некоторые постановления Министерства финансов Республики Беларусь»).

Таким образом, государство активно создает эффективную регуляторную среду, тем самым стимулирует внедрение и развитие технологических новаций в экономике и обеспечивает ее безопасную цифровизацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Статистика [Электронный ресурс] / Официальный сайт Национального статистического комитета Республики Беларусь. – Минск, 2019. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/>. – Дата доступа: 22.01.2019.

УГРОЗЫ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ И ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ ИМ

А. Г. БАРАНОВСКИЙ

Белорусско-Российский университет
Могилёв, Беларусь

Для каждого предприятия можно выявить перечень постоянно действующих и потенциальных угроз. Это позволит проанализировать характер воздействия данных угроз на деятельность предприятия и разработать соответствующие меры противодействия для увеличения сопротивляемости хозяйственной системы неблагоприятным воздействиям и достижения высокого уровня её защищённости.

Резистентность предприятия не является постоянной величиной и зависит от изменения внешней среды и настройки внутренних защитных механизмов. Она ослабевает при ужесточении конкуренции, высокой инфляции, недостатке финансовых ресурсов и т. п.

Чтобы обеспечить защищённость и целостность хозяйственной системы, необходимо постоянно следить за её состоянием, осуществлять защитные мероприятия, использовать организационные и экономические инструменты, позволяющие противодействовать возможным угрозам.

Для каждого предприятия необходимо составить перечень вероятных уязвимостей, соответствующих им вредных воздействий и разработать мероприятия, обеспечивающие неуязвимость и применение средств противодействия потенциальным угрозам.

Перечислим основные уязвимости, которые могут быть присущи многим предприятиям: наличие слабых звеньев; утечка важной информации; узкая специализация; противоречия между собственниками и менеджментом; коррупция; отсутствие сплоченности персонала.

Очевидно, что потенциальным уязвимостям предприятия могут и должны быть противопоставлены соответствующие факторы резистентности (сопротивляемости). Приведем их перечень: наличие резервов; высокий кредитный рейтинг; инновационная активность; сильный менеджмент, диверсификация деятельности; сотрудничество с поставщиками и взаимодействие с конкурентами; мотивированный персонал; защита важной информации; разработка системы экономической безопасности предприятия.

Рассмотрим основные внешние и внутренние причины, которые генерируют угрозы устойчивости и обеспечивают устойчивое развитие предприятия.

В числе внешних причин назовем следующие: девальвация; высокий уровень инфляции; уменьшение покупательной способности клиентов; за-

медление развития экономики страны (фаза спада); усиление конкуренции; увеличение налоговой нагрузки; санкции.

В числе внутренних причин следует выделить: неэффективный менеджмент; недостаточная квалификация персонала; устаревание оборудования и технологии; высокая степень износа основных средств; низкая инновационная активность; нехватка инвестиций.

Для обеспечения устойчивого развития предприятия необходимо осуществлять мониторинг факторов, его определяющих. При этом факторы, контролируемые предприятием (внутренние), следует задействовать в требуемом направлении для обеспечения устойчивости. Факторы внешней среды рассматриваются с точки зрения характера их влияния на устойчивость и устойчивое развитие предприятия. В этой связи целесообразны два вида мер:

1) меры противодействия факторам отрицательного влияния на устойчивость и адаптации к ним;

2) меры, обеспечивающие извлечение потенциала факторов положительного влияния на уровень устойчивости, траекторию и динамику устойчивого развития.

Применительно к факторам устойчивого развития предусматривается следующий алгоритм работы:

- мониторинг состояния и изменения факторов;
- оценка механизма воздействия фактора на соответствующие аспекты развития предприятия. При этом особое внимание следует уделять факторам, благоприятствующим устойчивости и устойчивому развитию предприятия для задействования их потенциала;
- разработка мероприятий по целесообразным изменениям в состоянии фактора или соответствующей деятельности предприятия для адаптации к фактору.

Разработка соответствующих мероприятий может быть выполнена в данной последовательности:

- выявление значимого фактора;
- оценка его воздействия на предприятие;
- разработка вариантов действий;
- выбор лучшего варианта;
- требуемая корректировка деятельности;
- оценка последствий намеченных мер;
- реализация принятого решения.

В настоящее время в практической деятельности ряда предприятий меры по выявлению и противодействию угрозам функционирования и развития предприятий могут осуществляться в рамках, формируемых на них в соответствии с положениями ISO 37101 2016, систем устойчивости и устойчивого развития.

УДК 338
ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО
ПРОИЗВОДСТВА: ОЦЕНКА, ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Г. Н. БЛАЖЕВИЧ, Н. С. ЖЕЛТОК
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Экономика Республики Беларусь в ближайшей и более отдаленной перспективе будет определяться динамикой промышленного производства. Это связано с тем, что на сегодняшний день промышленные предприятия обеспечивают основной приток валютных поступлений от экспорта и доходов для формирования республиканского бюджета, производят средства производства как для себя, так и для других отраслей экономики.

Несмотря на вышесказанное, рост промышленного производства не соответствует мировым тенденциям. Главная причина кроется в технологической отсталости. Так, из общего количества применяемых технологий 87,3 % относятся к традиционным, 10,4 % – к новым и лишь 2,3 % – к высоким [1].

Производство промышленной продукции поддерживается главным образом на морально устаревшей и физически изношенной материальной базе. Износ основных фондов стал превышать критический уровень. Такое состояние связано с финансовым положением предприятий, не обладающих достаточными ресурсами для инвестирования своего развития. А это приводит к тому, что объем ВВП, формируемого в промышленности, создается относительно большим числом людей, что свидетельствует о низкой производительности труда.

Данные факты говорят о том, что назрела объективная необходимость технологической модернизации промышленного производства с формированием высокотехнологичного сектора V–VI технологических укладов. В нынешней отраслевой структуре промышленного производства пока преобладают изделия III–IV технологических укладов, производство которых основано на использовании природоперерабатывающих технологий.

Поэтому модернизация промышленного производства предполагает решение ряда взаимосвязанных друг с другом проблем. Одной из них является низкая инновационность предприятий. Удельный вес промышленных предприятий, осуществляющих технологические инновации, в общем числе обследованных предприятий составляет 20,4 % [2], а количество отгруженной продукции в общем объеме – только 19,2 % [3].

Причинами низкой активности предприятий являются отсутствие опыта ведения инновационной деятельности в рыночных условиях и медленная интеграция науки и производства. Опыт экономически развитых стран показывает, что использование достижений науки и техники обеспечивает рост производительности труда до 85 %.

Реальность такова, что наука и масштаб научного мировоззрения не оказывают сильного влияния на инновационную активность. Об этом свидетельствует глобальный инвестиционный рейтинг, согласно которому в 2015 г. Республика Беларусь была 53-й в мире, а в 2017 г. – уже 88-й [4].

В данном случае можно говорить о невысокой мотивации ученых на конечный результат и низкой наукоемкости ВВП. В последние годы он находится на уровне 0,5...0,7 %, в то время как среднеевропейское его значение составляет 2,2 % [5].

Сложившаяся ситуация тормозит рост интеллектуального потенциала страны. К примеру, по итогам 2015 г. затраты на машины и оборудование были в 7,5 раза выше инвестиций в интеллектуальный потенциал [6]. Перекосы в финансировании не способствуют накоплению человеческого капитала, который является важной производительной силой. В результате такого подхода не получает должного развития малый производственный бизнес, а промышленные предприятия содержат большое количество вспомогательного персонала и теряют на производительности труда и уровне себестоимости производимой продукции.

Мировой опыт свидетельствует, что наибольший эффект в инновационном развитии достигнут в тех странах, где в течение длительного периода реализуется эффективная национальная политика человеческих ресурсов. Поэтому инновационная политика, формируемая государством, должна быть направлена в первую очередь на создание условий, стимулирующих такое развитие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Шимов, В. П.** Модернизация национальной экономики – императив времени / В. П. Шимов, Л. М. Крюков // Белорус. эконом. журн. – 2013. – № 2. – С. 18–42.
2. **Крупский, Д. М.** Стратегические детерминанты инновационного развития национальной экономики Беларуси / Д. М. Крупский // Эконом. бюл. – 2018. – № 4. – С. 4–21.
3. Социально-экономическое развитие Республики Беларусь в первом полугодии 2018. // Эконом. бюл. – 2018. – № 8. – С. 12.
4. **Ковалев, М. М.** Беларусь в новой экономике XXI века / М. М. Ковалев // Эконом. бюл. – 2017. – № 12. – С. 31–37.
5. **Барейша, А. С.** Венчурное финансирование как драйвер развития инновационной экономики Республики Беларусь / А. С. Барейша // Эконом. бюл. – 2017. – № 11. – С. 4–9.
6. **Богдан, Н. Н.** Инновационная политика и поиск новых источников экономического роста: мировые тенденции и вызовы для Беларуси / Н. И. Богдан // Белорус. эконом. журн. – 2017. – № 1. – С. 4–23.

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ ПРОЕКТНЫХ КОМАНД ИТ-СФЕРЫ

Ю. В. ВАЙНИЛОВИЧ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

ИТ-компании, как и компании на других рынках, часто сталкиваются с необходимостью развития компетенций и навыков своих сотрудников. Причем развития требуют как общие навыки – подходы к решению задач, коммуникации, лидерство, навыки ведения переговоров, так и технические знания, связанные с той или иной функциональной областью.

Также огромной проблемой является масштабирование знаний и навыков. Всегда можно обучить отдельную небольшую группу сотрудников необходимым знаниям, но далее эти знания и компетенции требуется поддерживать на постоянной основе. Проблема возрастает, если знания и компетенции требуется донести до сотни остальных сотрудников.

В ИТ-сфере проблема усугубляется тем, что необходимые знания меняются из года в год.

Одним из возможных подходов к решению данной проблемы является реализация учебных ИТ-проектов. Такой подход удовлетворяет современным принципам обучения взрослых людей [1, 2]. Согласно этим принципам, взрослые лучше всего усваивают информацию, самостоятельно изучая учебный материал, т. е. активно участвуя в практических занятиях, выполняя реальные задачи и решая неотложные проблемы.

Развитие навыков сотрудников с использованием учебных ИТ-проектов можно реализовать несколькими волнами, каждая из которых дополнит предыдущую и поспособствует дальнейшему распространению новых навыков внутри компании.

Учебные ИТ-проекты легко адаптируются к перечню формируемых навыков, масштабу программы развития навыков, количеству участвующих в обучении сотрудников.

Для эффективного управления учебными ИТ-проектами требуется автоматизированное инструментальное средство.

Современный рынок инструментальных средств автоматизации управления проектами чрезвычайно велик. Однако существующие универсальные системы управления не учитывают специфику учебных ИТ-проектов:

– отсутствует функция подбора участников проектных команд, что приводит к созданию конфликтных, неэффективных команд. В одну команду попадают психологически несовместимые люди. Кроме того, большую роль в работе команды играют личные качества сотрудников, такие как коммуникативность, способность работать в условиях неопределенности и постоянных перемен, стрессоустойчивость, уровень инициативы;

– отсутствует функция мотивации участников проектов, что может привести к снижению эффективности работы проектной команды, уровня инициативы, а иногда и уходу участника проектной команды из проекта;

– отсутствует возможность разделения проектов на несколько независимых проектов и слияния нескольких проектов в один мультипроект;

– отсутствует возможность получить задание у руководителя проекта и отчитаться о его выполнении, участвовать в обсуждении проблем. На сегодняшний день для этих целей используются электронная почта и форумы различного содержания. Применение нескольких разрозненных программных продуктов для управления проектами приводит к нерегулярному информированию участников проектов о ходе дел и изменениях в проекте, отсутствию работающего механизма разрешения проблем.

В связи с этим актуальной является задача создания специализированного программного комплекса управления учебными ИТ-проектами, учитывающего их специфику.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Колесникова, И. А.** Основы андрагогики / И. А. Колесникова – Москва: Академия, 2003. – 320 с.
2. **Кулюткин, Ю. Н.** Психология обучения взрослых / Ю. Н. Кулюткин. – Москва: Просвещение, 2005. – 128 с.

УДК 338
НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ
ФОРМЫ БУХГАЛТЕРСКОГО УЧЕТА В ОРГАНИЗАЦИИ

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

Финансово-хозяйственная деятельность экономического субъекта связана с обработкой большого объема информации. В современных условиях для оперативного и достоверного ведения бухгалтерского учета в организации актуальным является применение автоматизированной формы ведения бухгалтерского учета на базе современных информационных технологий обработки информации.

Современный рынок располагает достаточным объемом программных средств, необходимых для внедрения автоматизации бухгалтерского учета в организации. После того, как определены цели автоматизации, ее масштаб и решен вопрос с приобретением конкретной программы, наступает следующий этап – ее внедрение.

Качественное внедрение программного продукта является важным, трудоемким и ответственным процессом, причем, чем крупнее организация, тем больше может возникнуть нюансов в процессе внедрения. Можно выделить два основных этапа внедрения программы: этап настройки и этап обучения.

После настройки программы для данной организации наступает этап обучения бухгалтеров работы с ней.

На первый взгляд, здесь нет ничего сложного, ведь работники бухгалтерии в той или иной степени в сфере своей профессиональной деятельности имеют навыки работы с персональным компьютером. Перечислим проблемы, возникающие на этапе обучения персонала.

Во-первых, может возникнуть проблема плохой обучаемости работников бухгалтерии. Разные люди имеют разную мотивацию и способность к изучению новой информации. Переход на автоматизированную форму ведения бухгалтерского учета в организации связан с большим объемом новой информации и поэтому эффективное ее внедрение зависит от возраста, опыта работы, образования и от прогрессивности мышления работников бухгалтерии. Одни с желанием и легкостью стремятся получить и использовать новый объем знаний, другие воспринимают это как принуждение, а третьи вообще не воспринимают процесс обучения и не желают осуществить какие-либо усилия при этом.

В результате человеческий фактор, а именно боязнь нововведений, наличие определенных стереотипов в работе, повышенная ответственность

специалиста за свои действия, может привести к затянувшемуся процессу внедрения автоматизации бухгалтерского учета в организации или вообще к срыву проекта.

Во-вторых, при обучении персонала в процессе внедрения программы возрастает нагрузка на работников бухгалтерии. Это связано с тем, что, помимо основной текущей работы, им необходимо получать новые знания и осваивать новые технологии.

Для осуществления эффективной работы по внедрению автоматизации бухгалтерии организации рациональным является формирование рабочей группы на этапе обучения. Если это будет среднее или большое предприятие, то в ее состав может входить несколько специалистов организации. Если же это будет малое предприятие, то процесс обучения может контролировать только главный бухгалтер.

Руководитель функциональной группы должен составить план работы по внедрению программы, в котором отдельно будет выделен этап обучения работников бухгалтерии. В плане необходимо привести перечень вопросов, которые подлежат изучению сотрудниками, с обязательным указанием фамилий обучаемых. Напротив фамилий должны быть проставлены подписи, которые подтверждают их персональную ответственность за получение знаний.

Необходимо отметить особую роль главного бухгалтера в процессе внедрения автоматизации бухгалтерского учета. Главный бухгалтер несет персональную ответственность за организацию бухгалтерского учета на предприятии, в том числе и за результаты внедрения программы.

В дальнейшем главный бухгалтер должен, согласно своей профессиональной деятельности, уметь работать в программе, координировать работу бухгалтерии и оперативно решать вопросы, если таковые будут иметь место. Это дает возможность компетентно осуществлять руководство отделом бухгалтерии и в конечном счете иметь неподдельное уважение со стороны коллег, что является немаловажным моментом в трудовой деятельности коллектива. На практике, к сожалению, имеют место случаи, когда руководитель бухгалтерии самоустранился от этапа обучения и в процессе эксплуатации программы не принимает активного участия.

Руководители организации должны всячески содействовать группе специалистов, проводящей автоматизацию бухгалтерского учета, и наделять руководителя проекта достаточными полномочиями.

Работников бухгалтерии за дополнительную работу можно мотивировать в форме материальных поощрений и благодарностей, что, несомненно, будет являться стимулом для этих работников и, как результат, — успешное внедрение программы в целом.

УДК 338.2
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ
ПРОЕКТОВ

Е. Г. ГАЛКИНА, Т. Н. ИВАНЬКОВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Формирование портфеля инвестиционного проекта происходит на основе приоритезации, которая в свою очередь формируется из множества критериев, характеризующих проект. Таким образом, лицо, принимающее решение, сталкивается с многокритериальной задачей. Простым вариантом решения таких задач является сведение ее к однокритериальной задаче путем замены системы критериев единым обобщённым показателем. Таким показателем может выступать интегральная оценка проекта. Локальные приоритеты перемножаются на вес соответствующего критерия и суммируются по каждому варианту (проекту). Данный способ понятен и прост в применении. Основным его недостатком является непрослеживаемость (а нередко произвольность) в назначении весов критериев. Для их установления чаще всего применяют экспертные оценки.

Однако экспертные оценки зачастую не предусматривают формализованного подхода к назначению весов, что повышает субъективность принимаемых решений. Также необходимо отслеживать правило, что сумма коэффициентов весомости должна равняться единице.

Получение весов критериев можно осуществить методом анализа иерархии (методом Саати) путем заполнения квадратной матрицы (табл. 1).

Табл. 1. Матрица парных сравнений

	K_1	K_2	...	K_n
K_1	w_1 / w_1	w_1 / w_2	...	w_1 / w_n
K_2	w_2 / w_1	w_2 / w_2	...	w_2 / w_n
...	...	...	...	...
K_n	w_n / w_1	w_n / w_2	...	w_n / w_n

Пусть $K_1, K_2, \dots, K_n$ – критерии; $w_1, w_2, \dots, w_n$ – значимость или вес этих критериев. В матрице указывается относительная значимость по сравнению с другими критериями: например, элемент w_2/w_3 показывает важность критерия w_2 по отношению к w_3 . Значимость $w_1, w_2, \dots, w_n$ заранее неизвестна, а известны только отношения между ними. Задача состоит в нахождении значений $w_1, w_2, \dots, w_n$.

Рассматривались 10 инвестиционных проектов в агропромышленном секторе, которые характеризовались пятью критериями: общая сумма инвестиций, вклад инвестора, срок окупаемости, зависимость от погодных условий, соответствие приоритетным направлениям развития сельского хозяйства [1].

Сравнение критериев с целью определения их значимости проводилось экспертами в терминах доминирования одного элемента над другим, суждения выражались с помощью 9-балльной шкалы, для которой «1» – равная важность, «9» – очень сильное превосходство.

По установленному правилу сравнивается относительная важность левых элементов матрицы с элементами сверху. Поэтому если элемент слева важнее, чем элемент сверху, то в клетку на пересечении заносится целое число; в противном случае – дробь (обратное значение). По главной диагонали проставляются единицы, так как элемент эквивалентен сам себе. Если осуществить автоматическое заполнение клеток под главной диагональю числами, обратными тем, что находятся над диагональю, это избавит от вероятности допущения ошибок.

Полученная матрица была проверена на согласованность, поскольку при задании парных оценок эксперты могут высказывать противоречивые суждения. Значение отношения согласованности составило 5,36 %, что не превышает норматива для данного коэффициента, равного 10 %.

Далее было проведено парное сравнение инвестиционных проектов по каждому критерию в отдельности и получена средневзвешенная интегральная оценка для каждого проекта.

Достоинством приведенной методики получения оценки значимости критериев методом Саати является его простота и лёгкость проверки полученных коэффициентов. Однако, чтобы сравнения были релевантными, необходимо одновременно принимать во внимание все сравниваемые показатели. Поэтому для проведения обоснованных сопоставлений рассмотренный метод не следует применять при более чем 7–9 показателях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Лобанова, Т. М.** Многокритериальная модель формирования оптимального портфеля инвестиционных проектов / Т. М. Лобанова, Д. В. Морозова, Т. Н. Иванькова // V Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участниками: сб. науч. тр. / Под ред. О. Н. Федониной, В. М. Сканцева, Н. В. Грачевой, В. В. Евенко. – Брянск, 2018. – С. 48–50.

Н. С. ЖЕЛТОК, Г. Н. БЛАЖЕВИЧ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В основу формирования системы инновационного развития и ее методологических подходов необходимо положить долгосрочные ориентиры и принципы государственной экономической политики, которые позволили бы реализовать стратегические цели Республики Беларусь. Это в первую очередь повышение жизненного уровня населения на базе широкомасштабной модернизации производства с одновременным развитием инновационных подходов.

Этому должна способствовать разработка новой перспективной модели социально-экономического развития с четко выраженным направлением: совершенствование форм и методов государственного управления, развитие эффективной рыночной саморегуляции.

В этих целях следует проанализировать, насколько эффективна действующая модель социально-экономического развития с позиции роли государства и частного предпринимательства, дать объективную оценку состояния научно-образовательного, изобретательского и других заделов, чтобы определить, каким должен быть механизм по преодолению сложившихся негативных тенденций в инновационном развитии.

Для того чтобы динамично и устойчиво развивалась экономика, государству самому надо осваивать функцию инновационного развития. Эта функция, в первую очередь, должна включать обеспечение эффективной всеобщей доступности инновационных знаний. Во-вторых, необходимо создание государственной системы услуг для развития инновационного предпринимательства. Без накопления инновационного потенциала невозможно будет поднять уровень развития производственной деятельности.

Накапливая инновационный потенциал, предприятия могут создавать более высокую добавленную стоимость. Этому должна способствовать производственная и научно-техническая кооперация не только внутри страны, но и в рамках Союзного государства. На сегодняшний день, к примеру, взаимными товарами связаны более 8 тысяч белорусских и российских предприятий. Такое сотрудничество стало важнейшим фактором инновационного развития двух стран [1].

В этом направлении должны сыграть свою роль евразийские технологические платформы (ЕТП), которые представляют собой совместные площадки для отдельных исследований, разработка и их внедрение в производство путем реализации кооперационных инновационных проектов [2].

Активизация совместной инновационной деятельности станет одним из факторов для перехода республики к новым технологическим укладам. Данному направлению будет способствовать создание и обоснование научно-технических и промышленных парков, которые могут стать реальными точками роста и роста инновационной активности. Процесс этот длительный, но перспективный. К примеру, создание промышленных парков в Западной Европе и США осуществляется на протяжении 100 лет, Японии – 50 лет, Китае – 40 лет, Турции и Индии – 30 лет, России – 10 лет [3]. В условиях Беларуси ускорению данного процесса может способствовать развитие малого предпринимательства в научно-технической сфере.

Совершенствование технологической составляющей приблизит Республику Беларусь к странам с высокой инновационной привлекательностью, что будет способствовать притоку иностранных инвестиций.

В то же время следует отметить, что инновации не являются целью как таковой, но служат основой для создания новых предприятий, рабочих мест и роста производительности труда и, следовательно, выступают важным фактором экономического роста и развития, способствуют решению социально-экономических проблем [4]. В этом направлении необходимо совершенствовать законодательную базу. Она должна выполнять инновационную функцию и способствовать стимулированию инновационной деятельности.

Таким образом, определив факторы, сдерживающие или ускоряющие экономическое развитие, можно более четко сформулировать приоритеты республики и реализовать их в системе совершенствования инновационной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Шурубович, А. В.** Инновационное сотрудничество стран СНГ как фактор модернизации их национальных экономик / А. В. Шурубович // Белорус. эконом. журн. – 2014. – № 4. – С. 60.
2. **Сидорский, С. С.** Проведение согласованной промышленной и сельскохозяйственной политики в Евразийском экономическом союзе / С. С. Сидорский // Эконом. бюл. – 2017. – № 12. – С. 13–25.
3. **Богданович, А. В.** Формирование научно-технологических и промышленных парков в Республике Беларусь / А. В. Богданович // Эконом. бюл. – 2017. – № 1. – С. 4–12.
4. **Богдан, Н. И.** Инновационная политика и поиск новых источников экономического роста: мировые тенденции и вызовы для Беларуси / Н. И. Богдан // Белорус. эконом. журн. – 2017. – № 1. – С. 4–23.

ОСОБЕННОСТИ И ПРОБЛЕМЫ УЧЁТА КРИПТОВАЛЮТЫ
В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

А. С. ЗУБКОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В целях построения современной цифровой экономики в Республике Беларусь юридическим лицам предоставлена возможность владеть криптовалютой (токенами) и через резидента Парка высоких технологий создавать и размещать собственные токены, хранить их в виртуальных кошельках, приобретать и отчуждать токены.

Национальным стандартом бухгалтерского учёта и отчётности «Цифровые знаки (токены)», утверждённым постановлением Министерства финансов Республики Беларусь от 06.03.2018 г. № 18 [1], предусмотрены различные варианты учёта криптовалюты в зависимости от её назначения и способа получения. По первому признаку (по назначению) она может учитываться как финансовые вложения (если приобретается для получения прав на другие активы) или как товары (если приобретается для перепродажи). По второму признаку (способу получения) она может учитываться как финансовые вложения или товар (если получена в качестве вознаграждения за услуги) или как готовая продукция (при её добыче в результате деятельности по майнингу).

Таким образом, криптовалюта одного и того же вида не относится к одному определённому активу и не учитывается на определённом счёте. Она может идентифицироваться как пять разных видов активов в зависимости от назначения и способа получения и отражаться соответственно на пяти разных счетах бухгалтерского учёта. Кроме того, один и тот же вид криптовалюты может одновременно отражаться на разных счетах (если он получен разными способами) и должен переводиться с одного счёта на другой при изменении её назначения.

Кроме того, криптовалюта не обладает традиционными признаками тех активов, в составе которых она может отражаться. Как финансовые вложения она не оформляется юридическими документами и не гарантирует получение процентного дохода. Как товар и готовая продукция она не обладает материально-вещественной формой, не может храниться в организации и быть зафиксирована на обычных первичных документах. Данные особенности делают неприемлемыми стандартные процедуры проведения хозяйственных операций, связанных с движением криптовалюты, а также применение действующих первичных учётных документов, подтверждающих их проведение.

Проблемой учёта криптовалюты является также её оценка. Указанным стандартом бухгалтерского учёта предусмотрены три варианта определения первоначальной стоимости криптовалюты в зависимости от способа её получения:

- 1) по стоимости приобретения в сумме с операционными затратами;
- 2) по рыночной стоимости (при безвозмездном получении);
- 3) по сумме прямых и распределяемых косвенных затрат (при добыче в результате майнинга).

Это означает, что один и тот же вид криптовалюты, имеющийся в организации (например, биткоин), и даже каждая её единица могут иметь различную первоначальную стоимость, определяемую способом получения. Применение данных способов оценки потребует создания развитого аналитического учёта по счетам, видам валют и их партиям.

Кроме того, на каждую отчётную дату необходимо производить последующую оценку криптовалюты каждого вида путём сравнения её первоначальной стоимости и чистой стоимости реализации. В отчётности криптовалюта каждого вида должна отражаться по наименьшей из них с созданием при необходимости резервов под снижение её стоимости. Причём способы определения рыночной стоимости и чистой стоимости реализации должны быть выработаны самой организацией самостоятельно и закреплены в учётной политике. Выполнение данных операций потребует от бухгалтера постоянного владения оперативной информацией с криптобирж и квалификации финансового аналитика в области котировок криптовалют. Учитывая современный уровень подготовки кадров, реализация данных функций представляется весьма затруднительной.

Таким образом, организациям, намеренным использовать в хозяйственной деятельности криптовалюту, придётся столкнуться с необходимостью решения следующих проблем:

- для адекватного отражения криптовалюты на счетах бухгалтерского учёта необходимо до её приобретения точно знать как её назначение, так и способ приобретения. При их изменениях требуется вносить изменения в бухгалтерский учёт данных объектов;

- в организации следует самостоятельно выработать и закрепить в положении об учётной политике форму первичного учётного документа, подтверждающего совершение операций с криптовалютой; обучить персонал по её созданию на основе записей в реестре блоков «блокчейн»;

- выработать порядок формирования первоначальной стоимости криптовалюты при различных вариантах её получения, а также последующей чистой стоимости реализации;

- получить возможность и право доступа к финансовой информации о результатах торгов на криптобиржах, обучить персонал методам её анализа.

УДК 351:378(476)(043.3)
КАЧЕСТВО ОБРАЗОВАНИЯ: ТРАНСФОРМАЦИЯ МЕХАНИЗМА
ОТ ГОСУДАРСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ К РЕГУЛИРОВАНИЮ
КАЧЕСТВА

А. В. КАЗАНСКИЙ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В нынешнее время человечество строит постиндустриальное информационное общество, для которого характерны преобладание инновационных информационных технологий, превращение науки в двигатель экономического развития, развитие экономики базируется на увеличении человеческого капитала. В экономике востребованы профессионализм, креативное, творческое отношение к труду. Соответственно, изменяются и требования к качеству высшего образования.

Задача повышения качества высшего образования стала многоаспектной – политической, экономической, социальной, педагогической, психологической, этической, научной и организационно-технологической. Поскольку качество высшего образования граждан влияет на состояние и развитие всех сторон жизнедеятельности общества, качественное высшее образование необходимо во всех отраслях экономики, его оценка – не просто измерение количественных технических характеристик объекта, а оценка уровня развития личности человека, его способности успешно работать в области профессиональных интересов, применять современные технологии.

Эксперты ОЭСР [1] считают, что целями повышения качества высшего образования являются:

- обеспечение подготовки населения к участию в экономике знаний;
- демонстрация гражданам, что органы власти эффективно используют государственные средства, выделяемые на финансирование высшего образования;
- повышение человеческого капитала, а следовательно, стимулирование развития экономики;
- формирование широкой творческой элиты общества, способствующей росту социальной стабильности государства;
- увеличение объемов экспорта образовательных услуг;
- повышение удовлетворенности потребителей образовательных услуг.

Анализ литературы, современных проблем оценки качества образования позволяет сделать вывод, что методология оценки качества образования, инструменты и технологии в современных условиях трансфор-

мируются. Развитие экономики и производства стимулирует переход от контроля качества продукции и услуг к управлению качеством, которое, помимо функции контроля, предполагает использование и других функций управления: планирование, прогнозирование, анализ и регулирование. От проверки знаний, условий, созданных для процесса обучения, предусмотренных государственным контролем, субъект регулирования должен перейти к мониторингу, оценке достижений обучаемых, степени удовлетворения потребности в образовательных услугах, диагностике качества, экспертизе процесса обучения, факторов, влияющих на качество образовательных услуг.

Создаваемая международная система мониторинга и регулирования качества высшего образования представлена Международной ассоциацией по оценке учебных достижений (IEA – International Association for the Evaluation of Educational Achievement), объединяющей национальные исследовательские организации и государственные научные учреждения. Ее основными целями являются:

- разработка международных критериев оценки качества образования;
- определение факторов, влияющих на качество образования, выявление проблемных областей и механизмов;
- формирование понимания политиками ключевых проблем образования, подготовка и оценка реформ в области образования;
- стимулирование разработки национальных стратегий мониторинга и модернизации образования;
- содействие развитию исследований мирового сообщества в области оценки образования.

Анализ литературы, действующих механизмов контроля качества зарубежных стран и Республики Беларусь дает возможность сформулировать концептуальные основы регулирования качества высшего образования:

- повышение качества должно быть целью государственной политики в области высшего образования;
- образовательные программы должны опережать текущие потребности в качестве подготовки специалистов, отражать стратегические направления развития экономики;
- система государственного контроля качества образования трансформируется от контроля и оценки качества к регулированию – мониторингу и планированию качества;
- в основе планирования качества образования должно лежать планирование ресурсов, необходимых для обеспечения образовательного процесса;

- качество образования в совокупности определяют качества кадров, учебно-материальной базы, программ, учебно-методического обеспечения;
- при планировании качества образования особую важность приобретает обратная связь с объектом регулирования;
- необходимо создавать независимую систему оценки качества образования, ресурсов, используемых в образовательном процессе;
- участвовать в управлении качеством образования должны государственные органы, академическое сообщество, заказчики кадров, потребители услуг;
- приоритетом должно быть развитие внутренних систем контроля и планирование деятельности УВО;
- должны быть определены ясные, измеряемые, согласованные с заказчиками и потребителями критерии оценки качества образования, необходимо использовать современные средства и технологии оценки;
- развитие информационной инфраструктуры должно охватывать учебный процесс (приобретение лицензионных программных продуктов), самоподготовку (дистанционный доступ к электронным библиотекам, программному обеспечению, базам тестирования), процесс управления (автоматизация учета, контроля и анализа);
- для повышения качества необходимо создать систему мотивации и стимулирования всех субъектов образовательного процесса;
- государственное регулирование качества образования должно гармонично сочетаться с предоставлением УВО академических свобод, развитием самоуправления, организацией внутреннего контроля, учетом местных образовательных потребностей.

Реализация концептуальных основ регулирования качества высшего образования в системе управления подготовкой специалистов с высшим образованием позволит ориентировать деятельность УВО на актуальные потребности национальной экономики в трудовых ресурсах, будет способствовать переходу от контроля к управлению качеством, обеспечит практико-ориентированность образования, повышение конкурентоспособности выпускника на рынке труда.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЙ

В. М. КОВАЛЬЧУК

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Эффективность энергоменеджмента предприятий в Республике Беларусь оценивается по утвержденным в органах государственного управления нормативным удельным расходам энергоресурсов p_i и по достигнутому целевому показателю по энергосбережению (ЦП). Однако при выполнении всеми министерствами республики целевого показателя по энергосбережению не наблюдается относительного снижения прогнозного показателя, задаваемого в рамках системы государственного энергоменеджмента и используемого при международных сопоставлениях для оценки уровня энергетической безопасности и конкурентоспособности экономик, энергоемкости ВВП.

Причину такой ситуации объясняют опыт и практика работы системы энергоменеджмента БМЗ, которые свидетельствуют, что действующий в Республике Беларусь инструментарий оценки эффективности энергоменеджмента предприятий противоречит основным экономическим целям государства и предприятий: максимизации добавленной стоимости продукции и ВВП, в том числе и за счет роста конкурентоспособности.

В современной экономической теории производство считается экономически эффективным, если оптимальные объем производства q^* и вектор расхода ресурсов $x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*$ обеспечивают максимальную прибыль $\Pi(x_1, x_2, \dots, x_n; q)$:

$$\begin{aligned} \Pi(x_1, x_2, \dots, x_n; q) &= D(q) - I(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \max, \\ f(x_1, x_2, \dots, x_n) &\geq q, \\ x_i &\geq 0, i = \overline{1, n}, \\ q &\geq 0, \end{aligned} \tag{1}$$

где $I(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – функции издержек; $D(q)$ – функция дохода и $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – производственная функция, зависящие от вектора расхода ресурсов $x_1, x_2, \dots, x_n$ и объема производства q .

Известно, что максимум (1) достигается, если

$$\frac{\partial [I(x_1, x_2, \dots, x_n)]}{\partial x_i} = \frac{\partial [D(q)]}{\partial q} \cdot \frac{\partial [f(x_1, x_2, \dots, x_n)]}{\partial x_i}, \quad i = \overline{1, n}.$$

Если функция издержек не зависит от объема потребления ресурса, то максимизация прибыли достигается при условии

$$\frac{\partial [f(x_1, x_2, \dots, x_n)]}{\partial x_i} = \frac{p_{xi}}{p_q} \quad (2)$$

В рыночной экономике уровень экономической эффективности энергоменеджмента задается внешними экономическими условиями, в частности конкуренцией на рынках ресурсов и продукции производства. В монополизированной экономике, когда цены можно устанавливать по затратному принципу, возникает необходимость государственного регулирования эффективности энергоменеджмента предприятий. Но в любом случае производитель должен иметь инструментарий оценки эффективности энергоменеджмента, позволяющий выбирать в краткосрочном периоде такой объем производства (масштаб), а в долгосрочном периоде такую производственную функцию (технология), которые были бы экономически оптимальными. Для решения данной задачи предлагается ρ_i удельный расход i -го ресурса x_i (т. е. энергоемкость продукции) выразить через соотношение (2):

$$\rho_i = \frac{x_i}{q} = \frac{x_i \cdot p_{xi}}{q \cdot p_{xi}} = \frac{x_i \cdot p_q \cdot \partial [f(x_1, x_2, \dots, x_i)]}{q \cdot p_{xi} \cdot \partial x_i} = \frac{p_q}{p_{xi}} \cdot E_{qx},$$

где E_{qx} – частный коэффициент эластичности объема выпуска продукции q от расхода i -го ресурса x_i , т. к. $f(x_1, x_2, \dots, x_i) = q$, а E_{qx} , как известно,

$$E_{qx} = \frac{x_i \cdot \partial q}{q \cdot \partial x_i}.$$

Поскольку

$$\frac{x_i \cdot p_{xi}}{q \cdot p_q} = DX_i$$

есть доля затрат на i -й ресурс x_i в цене единицы продукции, то частный коэффициент эластичности объема выпуска продукции q от расхода i -го ресурса x_i будет равен этой доле:

$$E_{qx} = DX_i.$$

Таким образом, предприятию необходимо применять такие масштаб и технологию производства, которые бы обеспечивали частные коэффициенты эластичности E_{qx} производственной функции, равные или ниже сложившейся в конкурентной экономике доле DX_{i_0} затрат на i -й ресурс x_i в рыночной цене единицы продукции. При этом экономически оптимальный удельный расход ресурса $\rho_{\text{ЭО}}$ и $\text{ЦП}_{\text{ЭО}}$ при фактических удельных расходах ρ_{Φ} и темпах изменения объемов производства продукции (услуг) $J_{\text{ПП}}^0$

$$\rho_{\text{ЭО}} = \frac{p_q}{p_{xi}} DX_{is}; \quad \text{ЦП}_{\text{ЭО}} = \frac{\rho_{\Phi} - \rho_{\text{ЭО}}}{\rho_{\text{ЭО}}} J_{\text{ПП}}^0.$$

УДК 338.23:659.4

ПРОДВИЖЕНИЕ ПРОДУКЦИИ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ КАК ИНСТРУМЕНТ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРИБЫЛИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Н. Ю. ЛЕБЕДЕВА, С. А. АЛЕКСАНДРОВА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Максимальное извлечение прибыли – одна из главных целей функционирования любого субъекта хозяйствования, создающая основу его экономического развития, устойчивости и конкурентоспособности. Общеизвестны три основных направления увеличения прибыли: снижение себестоимости производимой продукции, повышение цен, наращивание объемов продаж. Так как снижение себестоимости продукции имеет определенный предел, связанный с уровнем качества, а повышение цен нерационально в условиях конкуренции, сложившейся на рынке, следует особое внимание уделить такому фактору, как объем реализации продукции. При выборе пути увеличения прибыли за счет наращивания объемов продаж важно адекватно учитывать и полноценно использовать рыночные возможности.

На основе анализа рынка обуви Республики Беларусь можно сделать вывод о сокращении объема производства продукции отечественных производителей и высокой конкуренции со стороны иностранных производителей. Был выполнен анализ емкости рынка и на примере ОАО «Обувь» – динамики объемов продаж, по результатам которого выявлено, что данное предприятие охватывает малую долю рынка, несмотря на то, что на белорусском рынке имеется достаточно резервов для ее увеличения. Аналогичная ситуация с достаточной емкостью рынка, но нестабильными продажами и низкой долей рынка складывается и в Российской Федерации.

По результатам анализа было выявлено, что потребители недостаточно знакомы с торговой маркой «Шаговита» и требуется усиление маркетинговой нагрузки на потребителя, разработка системы продвижения, что позволит донести до конечного потребителя все достоинства и качественные характеристики продукции.

В условиях жесткой конкуренции и высокой насыщенности как внутреннего, так и внешнего рынка нужно рассматривать различные варианты информирования потребителя, его привлечения, попытаться «выделить» свой бренд среди остальных. Даже если цены находятся на более высоком уровне, важно обосновать данный факт потребителю.

Так как приобретение детской обуви зависит не только от детей, но и их родителей, необходимо в системе продвижения ОАО «Обувь» ориентироваться в большей мере на последних.

Результаты проведенного маркетингового исследования показали, что большинство покупателей детской обуви – это молодые мамы в возрасте от 28 до 35 лет. Современный покупатель и потребитель такого возраста является активным пользователем социальных сетей, следит за новинками, модными направлениями, лучше разбирается в материалах, брендах, строении обуви.

В связи с этим для ОАО «Обувь» предлагается современное направление продвижения продукции, способствующее увеличению объемов реализации и, как следствие, получению более высокой прибыли – маркетинг в социальных медиа (Social Media Marketing). Необходимо создать и продвигать страницы бренда «Шаговита» в различных социальных сетях, в частности, Instagram, Вконтакте, т. к. они имеют наибольший охват молодежной аудитории. В новостных лентах страниц следует регулярно напоминать потребителю о бренде и его преимуществах, важно постоянно обновлять контент, информировать потребителя обо всех мероприятиях и проектах.

Прежде чем начать активное продвижение в социальных сетях, рекомендуется разработать программу привлечения аудитории при помощи розыгрышей, скидок или бесплатных призов. Условием участия в конкурсах должна стать подписка на страницу бренда.

Для поддержания интереса и активности потребителя рекомендуются следующие акции: розыгрыши призов за самый полный отзыв, самую креативную фотографию с продукцией «Шаговита» и пр.

Важно к приближению сезона разработать красочную систему информирования, включая тематические загадки, фотосессии, участие потребителя в разработке дизайна моделей, а в сезон спада продаж – систему акций, розыгрышей и скидок.

Комплексное продвижение на внутренний и внешний рынок целесообразно в партнерстве с отечественными производителями детской одежды – совместные рекламные мероприятия, «обмен» клиентами, объединение товаропроводящих сетей на удаленных рынках, совместные проекты в социальных сетях. Так будет наполняться контент социальных сетей, рекламироваться товар и одновременно увеличиваться продажи, что повлечёт и рост прибыли.

С целью эффективного ведения страницы в социальных сетях и достижения максимальной результативности очень важно разработать контент-план на определенные промежутки времени.

Таким образом, за счет повышения информированности потребителя о преимуществах бренда, об особенностях и достоинствах продукта, акциях и стимулирующих мероприятиях, распределении маркетинговых и логистических затрат между производителями-партнерами можно привлечь больше потребителей, увеличить долю постоянных покупателей, охват рынка и, как следствие, повысить прибыльность организации.

УДК 339.137.23
СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ КОНКУРЕНЦИИ
В СЕКТОРЕ РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛИ

В. А. ЛИВИНСКАЯ, А. И. ПАНЬКОВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

На современном рынке продуктов из мяса птицы присутствует множество производителей и продавцов, которые находятся в постоянной конкуренции и вынуждены постоянно укреплять свои позиции и завоевывать новые ниши. Особое внимание следует уделять оценке уровня конкуренции с учетом региональных различий. Рассмотрим одну из методик [1] такой оценки на примере анализа вариации внутригодовых цен на отдельные продовольственные товары. В качестве исходной информации использовалась актуальная информация о средних ценах в областях Республики Беларусь, сложившихся в розничной сети в 2018 г. на следующие категории: куры (цыплята, включая бройлеров), полуфабрикаты из мяса птицы, субпродукты из птицы [2].

Для оценки уровня конкуренции в секторе розничной торговли продуктами из мяса птицы сравнивалась вариация областных цен на отдельные товары внутри года по отношению к среднереспубликанской вариации. На основе ежемесячных данных о ценах трех групп вышеперечисленных товаров вычислялся коэффициент вариации (отношение стандартного отклонения к среднему значению) цен по каждому товару для каждой области. Затем полученные коэффициенты вариации усреднялись по рассматриваемым товарам для каждого региона с помощью средней геометрической. На последнем этапе определялось отношение усредненного по товарам областного коэффициента вариации цен к показателю по Республике Беларусь.

Основанием для выводов служило следующее предположение: на конкурентных рынках цены обычно демонстрируют бóльшую волатильность по сравнению с сильно монополизированными рынками. Из этого следует, что уровень конкуренции на потребительские товары более высокий в областях с большей изменчивостью цен, что приводит к снижению общего уровня цен.

В табл. 1 представлены результаты расчета коэффициентов вариации внутри годовых цен на отдельные группы продовольственных товаров по областям и в целом по республике.

Следуя предложенной методике, сравнив усредненные коэффициенты вариации по областям с усредненным общереспубликанским коэффициентом вариации цен на анализируемые позиции, получим ранжирование регионов, представленное на рис. 1.

Табл. 1. Коэффициенты вариации

Вид продукции	Регион							
	Беларусь	Брестская обл.	Витебская обл.	Гомельская обл.	Гродненская обл.	г. Минск	Минская обл.	Могилевская обл.
Куры (цыплята, включая бройлеров)	8,52 %	8,88 %	10,10 %	8,38 %	7,17 %	7,58 %	10,09 %	8,88 %
Полуфабрикаты из мяса птицы	7,87 %	9,00 %	5,58 %	8,09 %	7,92 %	4,22 %	7,04 %	7,69 %
Субпродукты из птицы	4,32 %	4,84 %	9,14 %	2,94 %	10,63 %	5,61 %	6,80 %	3,07 %

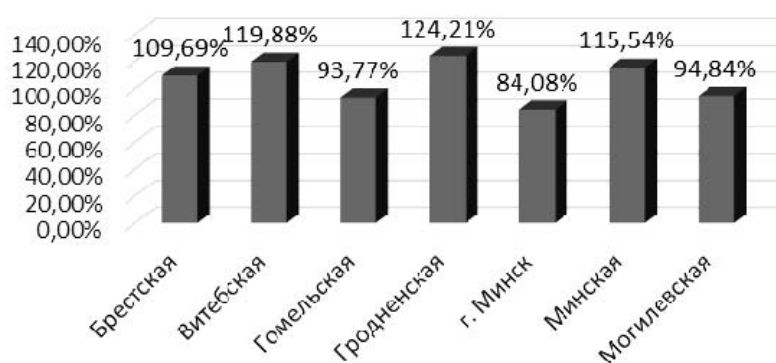


Рис. 1. Усредненная волатильность цен на отдельные категории продовольственных товаров

Таким образом, в Гомельской, Могилевской областях и г. Минске уровень конкуренции при реализации анализируемых продуктов ниже, что влечет более высокие розничные цены. Поэтому для нового игрока на рынке продуктов из мяса птицы эти регионы являются более предпочтительными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Перевышин, Ю. Н.** Факторы дифференциации цен в российских регионах / Ю. Н. Перевышин, С. Г. Синельников-Мурылев, П. В. Трунин // Эконом. журн. ВШЭ. – 2017. – Т. 21, № 3. – С. 361–384.
2. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/tseny/potrebitelskie-tseny/operativnye-dannye/>. – Дата доступа: 25.01.2019.

МНОГОВАРИАНТНЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ ПОРТФЕЛЯ ПРОЕКТОВ

Т. М. ЛОБАНОВА, Д. В. МОРОЗОВА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Методы формирования инвестиционного портфеля были рассмотрены на примере предложенных к реализации инвестиционных проектов в агро-промышленном комплексе, информация о которых размещена на портале Национального агентства инвестиций и приватизации.

Выбор того или иного варианта формирования портфеля зависит от многих факторов: целей инвестора, инвестиционной политики, склонности к риску, возможности управлять тем или иным проектом.

Для оценки проектов по различным критериям был использован метод экспертных оценок. Эксперты оценивали проекты по таким критериям, как объём инвестиций, ожидаемый срок окупаемости, доля вклада инвестора и условия его участия в проекте, рискованность проекта, соответствие приоритетным направлениям развития экономики.

Двухкритериальная оптимизационная задача, в которой, с одной стороны, требовалось максимизировать эффективность портфеля, а с другой – снизить риски, была преобразована в однокритериальную путём формирования параметра совокупной эффективности как мультипликативной свертки вариации и условной эффективности.

Однако такой метод формирования портфеля не учитывал сумму инвестиций на тот или иной проект. Дорогостоящие и мелкие проекты рассматриваются как равнозначные, что не совсем корректно. Для устранения этого недостатка в целевую функцию был введён показатель удельного веса инвестиций на конкретный проект в общей сумме инвестиций по всем проектам.

Сравнение параметров портфелей проектов, сформированных по двум вариантам (с учётом суммы инвестиций и без учёта), приведено в табл. 1.

При формировании портфеля проектов без учёта их масштаба в качестве целевой функции выступал суммарный условный эффект от портфеля. В данном случае предпочтение было отдано большему количеству более мелких проектов.

При учёте масштабов проекта в целевую функцию была введена доля затрат на каждый проект. В итоге в портфель вошло меньшее количество более крупных проектов.

Для учёта склонности инвестора к риску в модель предлагается ввести переменную $\gamma \in [0; 1]$, характеризующую предрасположенность лица,

принимающего решение, к риску. Значение около нуля означает, что ЛПР предпочитает не рисковать, около единицы – напротив [2].

Табл. 1. Параметры инвестиционных портфелей с учётом и без учёта масштабов проекта

Показатель	Без учёта масштаба (объёма инвестиций) проектов	С учётом масштаба (объёма инвести- ций) проектов
Количество проектов в портфеле	7	6
Совокупный эффект портфеля – сумма	44,2	40,7
– средневзвешенное	6,227	6,572
Риск портфеля (коэффициент вариации)	0,278	0,272
Инвестиции, долл. США	36 065 800	38 450 000
В среднем на один проект, долл. США	5 152 257	6 408 333

Тогда двухкритериальная задача будет трансформирована в однокритериальную с учётом коэффициента предрасположенности к риску.

Если рассмотреть крайние варианты отношения к риску, то целевая функция трансформируется следующим образом:

1) при полном отсутствии склонности рисковать переменная γ примет значение 0, тогда задача сведётся к формированию такого портфеля, который будет гарантировать минимальный уровень риска;

2) при абсолютной склонности к риску переменная γ примет значение 1, тогда задача сведётся к формированию такого портфеля, который будет гарантировать максимальный доход.

Таким образом, предложенный подход учитывает не только объективные оценки количественных и качественных показателей проекта, но и психологическое настроение ЛПР по отношению к рискованности инвестиций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лобанова, Т. М. Многокритериальная модель формирования оптимального портфеля инвестиционных проектов / Т. М. Лобанова, Д. В. Морозова, Т. Н. Иванькова // V Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участниками: сб. науч. тр. / Под ред. О. Н. Федониной, В. М. Сканцева, Н. В. Грачевой, В. В. Евенко. – Брянск, 2018. – С. 369–376.

2. Модели управления портфелем проектов в условиях неопределенности / В. М. Аньшин [и др.]. – Москва: МАТИ, 2007. – 117 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАРШРУТОВ ДВИЖЕНИЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

Д. В. МОРОЗОВА, С. А. АЛЕКСАНДРОВА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Для организаций, занимающихся пассажирскими перевозками, характерны такие проблемы, как затратность, низкая удовлетворенность пассажиров качеством перевозок, неплановое обновление подвижного состава. Все это ведет к системной убыточности предприятий. Следовательно, необходимо повышать доходность, качество перевозок, что поможет снизить затраты предприятия при организации перевозок и повысить степень удовлетворенности пассажиров. Одним из направлений является оптимизация маршрутов

Были изучены наиболее протяженные и наполненные маршруты, которые формируют значительную часть пассажиропотока города. К ним относятся № 1, 4, 8, 18, 24, 29, 40. Оптимизация движения по этим маршрутам позволит получить наиболее выраженный эффект в рамках всех городских перевозок пассажиров. Был выполнен анализ движения автобуса на маршруте № 4, установлены его параметры: протяженность, количество остановочных пунктов, время движения. Было выявлено, что время движения является фактором, вызывающим неудовлетворенность пассажиров, которые выбирают услуги маршрутного такси. В связи с этим было предложено сформировать два варианта маршрута: базовый и экспресс-маршрут, при котором сократится количество остановочных пунктов, исключая те из них, которые наименее востребованы. Это позволит увеличить скорость движения автобуса на маршруте при сохранении основного пассажиропотока (табл. 1).

Табл. 1. Параметры движения автобуса на маршруте

Показатель	Базовый маршрут	Экспресс-маршрут
Протяженность, км	18,45	18,45
Количество остановок	27	11
Время движения, ч	1...1,3	0,6...0,83

Затраты времени на поездку между конечными пунктами снизятся на 30...35 %. Кроме того, снизятся затраты на топливо в среднем на 10 % за счет совершения меньшего числа остановок. Таким образом, предложенное мероприятие имеет экономический, социальный и экологический эффект.

УДК 378
НАВЫКИ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ОТЧЕТОВ С ПОМОЩЬЮ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

М. А. ПЛАВСКАЯ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Одними из важнейших ресурсов промышленного предприятия, обеспечивающих ему успех и процветание, являются трудовые ресурсы. Актуальные знания и навыки, которыми специалист оперирует в процессе своей профессиональной деятельности, – залог качественной и оперативно выполняемой работы. В этой связи качественная и отвечающая современным требованиям подготовка специалистов экономических служб организаций – основная задача образовательного учреждения. Особую ценность приобретают прикладные знания в рамках подготовки и переподготовки по специальности «Бухгалтерский учет и контроль в промышленности». Часть функциональных обязанностей специалистов данного профиля связана с формированием и своевременным представлением электронных форм обязательной налоговой, статистической и иной отчетности. Передача таких форм отчетов осуществляется с помощью электронной цифровой подписи, работа с которой также требует определенных навыков.

Ряд программных продуктов, с которыми предстоит работать будущим бухгалтерам и экономистам, находятся в открытом доступе. В частности, программа «Ввод ДПУ», которая предназначена для формирования обязательных специализированных отчетов персонифицированного учёта (ПУ) Фонда социальной защиты населения (ФСЗН) Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь. Национальный статистический комитет Республики Беларусь также обязывает своих респондентов представлять обязательные формы статистической отчетности в электронном виде с помощью специализированного программного продукта «Электронный респондент».

Включение в учебный процесс подготовки бухгалтерских и экономических кадров дисциплин, раскрывающих возможности данных программных продуктов, направленных на выработку навыков оперативного и качественного формирования необходимых электронных отчетов, позволит подготовить специалистов, востребованных на рынке труда, способных быстро включаться в ритм деятельности организации и выполнять требования законодательства.

УДК 338.2
ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ
ПРОДУКЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Т. В. ПУЗАНОВА, А. Д. СЫРОМОЛотова
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Для современного рынка актуальной является задача анализа, оценки и обеспечения конкурентоспособности производимой продукции и производственного предприятия. Для производителей продуктов питания, как правило, характерны специфические особенности конкурентной среды: на рынке проявляется одновременно конкуренция интратипа и конкуренция интертипа. Специфика производимого продукта также требует выявления соответствующих факторов, учета особенностей их влияния и дефиниции понятия базового уровня конкурентоспособности продукта питания.

Определение конкурентоспособности продуктов питания должно включать не только оценку степени удовлетворения запросов потребителей по сравнению с аналогичными продуктами, но и анализ конкурентного потенциала и конкурентных стратегий предприятия-производителя. Анализ и оценка конкурентоспособности продуктов питания актуальны для производителя при решении задач планирования производства, расширения действующего рынка и выхода на новый рынок.

Конкурентоспособность продукции, как правило, проявляется в удовлетворении конкретных потребностей покупателей, оптимальном соотношении качественных и стоимостных показателей и, как следствие, обеспечении достижения лучших результатов предприятия по сравнению с конкурентами. Особенность рынка продуктов питания характеризуется следующими факторами:

- обеспечение государством доступности товаров первой необходимости;
- большая эластичность рынка продуктов переработки сельскохозяйственного сырья в сравнении с рынком сырья;
- наличие сезонности в производстве и спросе;
- необходимость учета природно-климатических и биологических факторов;
- сроки хранения и реализации продукции;
- динамичность баланса значимости отдельных составляющих конкурентоспособности продуктов питания для потребителей;
- повышение значимости таких показателей, как содержание натуральных веществ, полезность для здоровья, калорийность и экологичность.

Следует также принимать во внимание, что создание комплексных предприятий по производству сельскохозяйственного сырья и продуктов его переработки приводит к необходимости учета факторов, характеризующих процессы влияния технологии производства на качество и конкурентоспособность конечных продуктов переработки, например, вид и качество кормов для животноводства.

Это требует классификации и группировки факторов с целью корректного выбора методик их оценки, сбора информации и обработки. Так, технические, нормативные, экономические факторы имеют количественную оценку, четко определенное значение, характеризующее желаемый или планируемый результат, что упрощает процесс сравнения и обеспечивает объективность оценки. При этом нормативные факторы (например, показатели пищевой ценности) необходимо определять единым методом или использовать результаты анализа независимых экспертов. А такой экономический фактор, как цена, должен привязываться к сегменту потребителей: одни более чувствительны к цене, другие – к качеству товара; к макроэкономической ситуации: в период кризиса более важна цена, чем потребительская ценность. При анализе плохо формализуемых факторов (например, имидж торговой марки, привлекательность упаковки, особенности культуры и религии целевых потребителей), как правило, используются экспертные методы, требующие преобразования качественных показателей в количественные по принятой балльной системе, что приводит к снижению объективности оценки.

Кроме того, оценка предпочтений конечных потребителей продуктов питания требует проведения маркетинговых исследований соответствующих рынков. Для этого можно использовать доступный источник статистической информации в социальных сетях Интернета, где широко применяется система отзывов покупателей и конечных потребителей, позволяющая получить оценку качества, в том числе и продуктов питания. Полученная таким образом информация для оценки конкурентоспособности продуктов питания должна использоваться с учетом субъективности таких отзывов и существующей системы заказов и мотивации их размещения.

С учетом изложенного, оценка конкурентоспособности требует не только обоснованного выбора факторов, но и дифференциации степени их значимости, которую определяет аналитик или группа экспертов с применением метода парных сравнений.

Оценка конкурентного потенциала предприятия может определяться по показателям, характеризующим результативность его деятельности и имидж. Конкурентная стратегия должна учитывать состояние внешней и внутренней сред предприятия и стратегию его развития. Такой подход позволит обеспечить получение комплексной оценки конкурентоспособности для предприятия пищевой промышленности.

УДК 376.68

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЦЕЛЕВОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ

Н. П. ПУЧКОВ, Т. Ю. ДОРОХОВА

Тамбовский государственный технический университет
Тамбов, Россия

С переходом предприятий России на рыночную систему хозяйствования существовавшая во времена СССР система целевой подготовки специалистов (ЦПС) для промышленных предприятий усложнилась и приобрела достаточно разнообразные формы. Это диктует появление новых подходов, направленных на интеграцию усилий образовательных учреждений различного уровня и предприятий-работодателей для создания оптимальных условий целевой подготовки специалистов с учётом региональных экономических особенностей.

На взгляд авторов, эту задачу целесообразно осуществить с использованием методологии функционального моделирования IDEFO [1]. Целью разработки данной модели является выполнение исследования, гарантирующего (определяющего) оптимальное управление качеством целевой подготовки (достижения её целей) и обеспечивающего оптимизацию выбора организационно-педагогических условий эффективного функционирования системы ЦПС.

При её построении определяются входящие (В), выходящие (R), управляющие (У) интерфейсные дуги, дуги-механизмы (М), а также обозначена цель.

Последующие этапы моделирования связаны с декомпозицией этой диаграммы с той целью, чтобы показать взаимосвязи между подсистемами целевой подготовки, общие и специфические элементы в механизмах её реализации и управления, выявить комплекс оптимальных организационных условий эффективного функционирования.

В частности, декомпозиция может быть: по уровням образовательных программ; для определения профиля подготавливаемых специалистов; по специализированным профессиональным компетенциям.

В обобщённом виде IDEFO-диаграмма процесса проектирования региональной системы ЦПС показана на рис. 1.

Результатом проведённых исследований явилось описание (модель) образовательной практико-ориентированной среды целевой подготовки:

- интегрирующей и расширяющей информационно-образовательное пространство (ИОП) вуза и региональное ИОП научно-исследовательских организаций и предприятий выбранного для целевой подготовки профиля, последовательного моделирующей предметное и социальное содержание

будущей профессиональной деятельности обучаемых и обеспечивающей инновирование профессиональной подготовки;

- использующей систему концентрированной практико-ориентированной подготовки специалистов, обеспечивающей иллюстрацию дисциплин основной и дополнительных образовательных программ, направленных на формирование группы специализированных профессиональных компетенций;

- осуществляющей интеграцию теоретической и практической подготовки по дисциплинам образовательных модулей и обеспечивающей всех видов компетенций при их формировании.

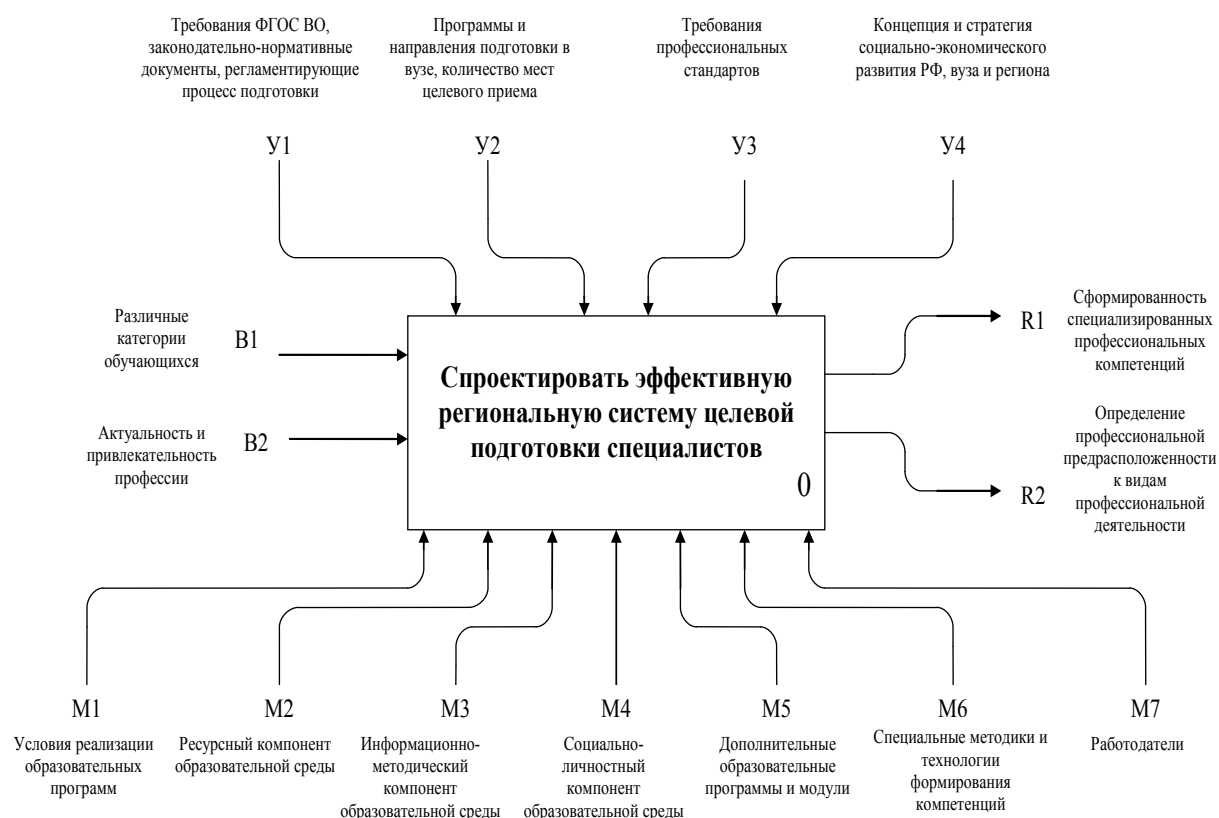


Рис. 1. IDEF0-диаграмма процесса проектирования региональной системы целевой подготовки

Применение методологии функционального моделирования позволяет наглядно графически представить и проследить взаимосвязи, набор взаимосвязанных функций и блоков, существующие при проектировании системы региональной целевой подготовки, что является неоспоримым достоинством при изучении любой системы.

УДК 330.4
ПОСТРОЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ
ПРОГРАММЫ С ЦЕЛЬЮ МАКСИМИЗАЦИИ ПРИБЫЛИ

Т. Ф. РАЩЕНЯ, К. Д. АНОСОВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Объектом исследования является ОАО «Оршанский инструментальный завод», крупнейший в Республике Беларусь производитель вспомогательного, зажимного и металлорежущего инструмента для металлообрабатывающих станков.

Одной из экономических проблем предприятия является совершенствование структуры производственной программы с целью улучшения финансовых результатов предприятия.

Задача исследования – рассмотреть практическое применение экономико-математических методов и моделей, в частности линейного программирования. Метод состоит в определении оптимальных параметров на основе целевой функции и системы ограничений линейного характера.

Оптимизация структуры производственной программы осуществляется с использованием надстройки «Поиск решения» из пакета MS Excel. Для математической постановки оптимизационной задачи критерием оптимальности выбрана маржинальная прибыль, которая является одним из основных показателей эффективности деятельности предприятия. Управляемыми параметрами задачи выступают объемы реализации и цены продажи i -го вида продукции. Функциональными ограничениями являются переменные затраты i -го вида продукции, ограничивающие значения определенных функций от управляемых параметров.

Целевой функцией является маржинальная прибыль от реализации продукции. Составим математическую модель определения объемов продаж отдельных видов продукции, обеспечивающих максимальную маржинальную прибыль предприятию:

$$F = \sum_{i=1}^n (p_i - v_i) \cdot x_i \rightarrow \max,$$

где p_i – цена продажи i -го вида продукции; v_i – переменные затраты за единицу i -го вида продукции; x_i – объемы реализации i -го вида продукции.

В результате изменения структуры продаж отдельных видов продукции при неизменном общем фактическом объеме реализации увеличивается маржинальная прибыль от реализации продукции.

УДК 658.8
СКЛАДСКОЙ ПОТЕНЦИАЛ РЕГИОНА: ОЦЕНКА И РАЗВИТИЕ

Т. В. РОМАНЬКОВА, М. Н. ГРИНЕВИЧ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Одним из элементов логистического потенциала региона является складской потенциал. Он представляет собой имеющиеся возможности, готовность и способность региона концентрировать и хранить определенные запасы для оптимального перемещения потоков в пространстве.

Развитию складского потенциала Могилевской области способствует особенность ее экономико-географического положения, а именно транзитность размещения в географическом пространстве. Немаловажное значение для региона имеет дальнейшее наращивание складского потенциала, который обеспечит повышение эффективности функционирования экономики области за счет удовлетворения внутренних потребностей организаций в складских площадях и внешних потребностей, т. е. потребностей зарубежных партнеров, осуществляющих транзитные перевозки и пользующихся услугами транспортно-логистических центров Республики Беларусь и Могилевской области.

В настоящее время на территории Могилевской области функционируют следующие логистические центры: ООО «ГофроКолор» (г. Шклов); контейнерный терминал СООО «СТЛ Логистик» (ст. Луполово Белорусской железной дороги); «Могилев-Белтаможсервис» (г. Могилев); РТЭУП «БЕЛИНТЕРТРАНС – транспортно-логистический центр» Белорусской железной дороги (Могилевский филиал).

Оценить развитие складского потенциала Могилевской области предлагается на основании показателей, представленных в табл. 1.

Табл. 1. Система показателей развития складского потенциала региона

Показатель	Формула расчета	Расшифровка показателей
1	2	3
Достаточность развития складских площадей региона, %	$ДР = \frac{П_д}{П_п} \cdot 100 \%$	$П_д$ – площадь действующих складских помещений региона, $м^2$; $П_п$ – потребность региона в складской площади, $м^2$
Плотность размещения на территории области	$П = \frac{П_с}{П_р}$	$П_с$ – площадь складских помещений региона, $м^2$; $П_р$ – площадь региона, $м^2$
Коэффициент использования площадей складов	$К_{исп} = \frac{П_{пол}}{П_с}$	$П_{пол}$ – полезная площадь складских помещений региона, $м^2$

Окончание табл. 1

1	2	3
Коэффициент обеспеченности складов железнодорожными и автомобильными подъездными путями	$K_{об.пп} = \frac{K_{авто} + K_{жд}}{K_c}$	$K_{авто}$, $K_{жд}$ – количество складов региона, обеспеченных соответственно подъездными автомобильными и железнодорожными путями, ед.; K_c – количество складов, размещенных на территории региона, ед.
Темп изменения доли складской площади класса А в регионе	$T_{Д_А} = \frac{D_{Ai}}{D_{Ai-1}} \cdot 100 \%$	D_{Ai} , D_{Ai-1} – доля складской площади класса А региона в ее общей величине соответственно за отчетный и прошлый периоды, %
Темп изменения доли складской площади класса В в регионе	$T_{Д_{ВВ}} = \frac{D_{Bi}}{D_{Bi-1}} \cdot 100 \%$	D_{Bi} , D_{Bi-1} – доля складской площади класса В региона в ее общей величине соответственно за отчетный и прошлый периоды, %
Темп изменения доли складской площади класса С в регионе	$T_{Д_{СС}} = \frac{D_{Ci}}{D_{Ci-1}} \cdot 100 \%$	D_{Ci} , D_{Ci-1} – доля складской площади класса С региона в ее общей величине соответственно за отчетный и прошлый периоды, %
Площадь складских помещений, приходящаяся на 1 млрд р. ВРП	$П_{ВРП} = \frac{П_c}{ВРП}$	ВРП – валовой региональный продукт, млрд р.

Для установления степени развития складского потенциала Могилевской области необходимо рассчитать интегральный показатель с учетом направленности влияния предложенных показателей.

1. Обратное влияние «рост показателей способствует сокращению складского потенциала» оказывают следующие показатели: темп изменения доли складской площади класса С в регионе и темп изменения доли складской площади класса В в регионе.

2. Прямое влияние «рост показателей способствует наращиванию складского потенциала» оказывают все остальные показатели: достаточность развития складских площадей региона, плотность размещения на территории области, коэффициент обеспеченности складов железнодорожными и автомобильными подъездными путями, коэффициент использования площадей складов региона, темп изменения доли складской площади класса А в регионе, площадь складских помещений, приходящаяся на 1 млрд р. ВРП.

Таким образом, применение предлагаемой системы показателей позволит разработать стратегию по возможному и экономически целесообразному наращиванию и обновлению складского потенциала Могилевской области.

УДК 658.26
ПОКАЗАТЕЛИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТОКА В ЦЕПИ ПОСТАВОК

Т. В. РОМАНЬКОВА, М. Н. ГРИНЕВИЧ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Продажа энергетических ресурсов предприятию-потребителю с точки зрения логистики является заключительным этапом цепи их поставки, который имеет следующие цели:

1) социальная, заключающаяся в удовлетворении потребности людей в создании комфортных условий жизни;

2) экономическая, выражающаяся в возмещении затрат, обусловленных добычей, перемещением и потреблением топливно-энергетических ресурсов (ТЭР).

ТЭР как товар в рыночных условиях является объектом производственно-коммерческой деятельности и предметом товарообменных операций.

Специфика ТЭР в товарообменных операциях определяется их высокой ликвидностью, коротким жизненным циклом и наличием связи с земельными ресурсами.

В процессе перемещения по цепи поставок энергоресурсы рассматриваются как энергетический поток, характеризуемый следующими показателями:

1) скорость перемещения, определяемая на основании расстояния, которое преодолевает поток энергоресурсов на пути следования от поставщика до мест конечного потребления, и времени движения;

2) время доставки, устанавливаемое как отношение расстояния перемещения, которое проходит поток энергоресурсов до конечной точки потребления, к скорости перемещения;

3) мощность потока энергоресурсов, определяемая объемом перемещаемых энергоресурсов в единицу времени.

Совокупность действий, совершаемых в цепи поставок с энергетическими ресурсами, называется логистическими операциями. Основными из них являются следующие: складирование, транспортировка (перемещение), погрузка, разгрузка, внутренние перемещения ТЭР (из цеха в цех; со склада в цех) и их хранение (в емкостях, резервуарах, цистернах).

Таким образом, использование представленных показателей будет способствовать изучению, прогнозированию и оптимизации потоков топливно-энергетических ресурсов, перемещаемых по цепи поставок к потребителю.

УДК 374.7

О ПРОБЛЕМАХ И ПУТЯХ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ВЗРОСЛЫХ

С. Б. САМАРЦЕВ, С. О. КАМИНСКАЯ, Р. В. СИЛИН, К. С. САМАРЦЕВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Дополнительное образование взрослых (ДОВ) является одним из важнейших условий социально-экономического развития информационного общества и главным инструментом решения проблем профессиональной адаптации населения в период экономических трансформаций общества. Основными направлениями ДОВ на сегодняшний день служат переподготовка и повышение квалификации руководителей и специалистов.

Сформирована нормативно-правовая база ДОВ, в рамках которой созданы и утверждены государственные стандарты специальностей, типовые учебные планы переподготовки, единые требования к содержанию образовательных программ и качеству повышения квалификации руководителей и специалистов. Однако существуют серьезные проблемы в реализации образовательных программ.

На протяжении десятков лет ДОВ предоставляло гражданам, имеющим высшее образование, в относительно короткий срок (не более двух лет) сменить сферу профессиональной деятельности, получив диплом о переподготовке с новой квалификацией. Тысячи людей ежегодно могли корректировать направление жизненного пути, при этом оперативно удовлетворялись и потребности экономики страны в востребованных специалистах.

С целью увеличить свои потенциальные профессиональные возможности ежегодно переподготовку стремились пройти тысячи студентов старших курсов белорусских учреждений образования. Действовавшая инструкция № 95 от 14.11.2005 г. Министерства образования Республики Беларусь разумно поощряла желание студентов диверсифицировать риски будущего трудоустройства и выбор области трудовой деятельности в целом. На этом фоне неожиданностью стала статья 242 Кодекса об образовании, где возможность получения студентами дополнительного образования не нашла отражения, отменив, по сути, действие упомянутой инструкции. Статья спровоцировала также снижение доходов от экспорта образовательных услуг, так как ранее иностранные студенты имели возможность получать дополнительное образование наравне с белорусскими гражданами.

Документами, создавшими ощутимые проблемы для ДОВ, стали Закон Республики Беларусь № 57–З «О бухгалтерском учете и отчетности» от 12.07.2013 г. и постановление № 7 от 10.02.2017 г. Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь «О внесении изменений в постановление Министерства труда Республики Беларусь», которые поставили под сомнение статус государственного диплома о переподготовке и присваиваемой квалификации. Эти документы исключили дополнительное образование из числа видов профессиональной подготовки, дающих право на занятие

соответствующих должностей, ограничив их перечень только выпускниками высших и средних специальных учебных заведений. Результатом стало резкое падение спроса на переподготовку по всем специальностям экономического профиля внутри страны и ориентация молодых людей на переподготовку в вузах Российской Федерации, законодательство которой, напротив, благоприятствует трудоустройству выпускников системы ДОВ. Имеет место и тот факт, что вышеобозначенный документ вводит, кроме необоснованных, с точки зрения авторов, ограничений на бухгалтерскую деятельность, ещё и требование к едва ли не самой большой группе специалистов в стране проходить профессиональную аттестацию и повышение квалификации не реже одного раза в два года! Подобное кажется странным на фоне постановлений Совета Министров Республики Беларусь № 57 от 21 января 2017 г. (п. 2.1.3) и Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь № 31 от 6 июля 2016 г. (п. 3), которые фактически сняли требование регулярного повышения квалификации специалистов в таких травмоопасных отраслях производственной деятельности республики, как строительство и эксплуатация подъёмно-транспортных средств.

Будущее ДОВ видится в выстраивании политических и экономических траекторий граждан в условиях современной высокотехнологичной экономики и регулярного обновления всего комплекса компетенций, для чего необходимо:

1) поддержать образовательную мобильность учащейся молодёжи, предоставив возможность студентам старших курсов проходить переподготовку параллельно основному образованию, увеличив тем самым шансы профессионального роста и трудоустройства обучающихся;

2) включать в лицензию на образовательную деятельность специальности переподготовки и направления повышения квалификации специальностей и профилей высшего образования, разрешенных образовательному учреждению, по заявительному принципу. Иные специальности переподготовки и направления повышения квалификации открывать согласно установленным правилам;

3) внести изменения в Закон Республики Беларусь № 57–З «О бухгалтерском учете и отчетности» от 12.07.2013 г. и постановление № 7 от 10.02.2017 г. Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь «О внесении изменений в постановление Министерства труда Республики Беларусь», разрешив профессиональную бухгалтерскую деятельность для лиц, прошедших переподготовку по группам специальностей «Экономика и управление», «Финансовая деятельность» и «Бухгалтерский учет и контроль» без ограничения по базовому высшему образованию;

4) прописать требование о необходимости регулярного (раз в 5 лет) повышения квалификации специалистов в таких отраслях производства, как строительство и эксплуатация подъёмно-транспортных средств.

Устранение негативных тенденций развития ДОВ позволит усилить совершенствование знаний, навыков и умений людей всех возрастов в социальных, культурных и экономических видах деятельности с учетом инноваций, передовой практики образовательных процессов и инвестирования для повышения кадрового потенциала страны.

УДК 338.1

ОБРАЗОВАНИЕ МАЛЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ФИРМ НА БАЗЕ КОРПОРАЦИЙ

О. В. СЕДЛУХО, Н. В. РУБАНОВА, И. Я. КУРСОВА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Малые инновационные и внедренческие фирмы возникают, прежде всего, за счет средств крупных компаний. Кроме этого, они могут использовать другие источники финансовых ресурсов, которые не зависят от промышленных корпораций. Поэтому малые инновационные фирмы, несмотря на их размер и незначительный объем научно-технических ресурсов, которые они используют, способны противостоять негативным тенденциям, характерным для крупного капиталистического бизнеса.

Более того, корпорации сами используют малые инновационные фирмы как средство преодоления негативных последствий своего технического консерватизма и инструмента приспособления к быстро меняющимся условиям и требованиям научно-технического прогресса [1, 2].

Крупные корпорации отделяют процесс научных исследований от производства как организационно, так и территориально. Для этого они создают малые инновационные фирмы, которые за пределами корпораций развивают идеи, возникающие в корпоративных исследовательских лабораториях и производственных отделах, осваивают нововведения, научно-техническая и производственная ценность которых может быть значительно выше, чем тех, которые реализуются собственными лабораториями крупных компаний или же внутренними венчурными подразделениями.

Малые инновационные фирмы создаются чаще всего в тех случаях, когда разработка инноваций по каким-либо причинам не сочетается с налаженным производственным процессом материнских компаний или сопряжена с его дорогостоящей модернизацией. Фирмы, которые выделяются из структуры крупных корпораций, отличаются большим разнообразием как по своим размерам (от трех-четырех до нескольких сотен человек), так и по степени их финансовой устойчивости и зависимости от головной компании. Дочерние фирмы нередко отделяют от себя новые автономные объекты, которые, в свою очередь, могут служить основой для формирования малых инновационно-внедренческих фирм следующих поколений, о чем свидетельствует опыт многих корпораций [3].

Каждая дочерняя фирма венчурного типа в рамках единого административного руководства объединяет все операции и условия, необходимые для выполнения исследований и разработок, а затем и налаживания

серийного выпуска инновационной продукции. При этом цикл работ фирмы обособляется от основного производственного процесса материнской компании, что позволяет обходить барьеры и препятствия, обуславливаемые стабильной структурой ее функциональных отделов.

Креативность крупных фирм страдает от чрезмерно формализованных инновационных процессов и доминирующих способов мышления, в то время как в малых фирмах, где новаторы пользуются большей свободой, новые идеи могут появляться более спонтанно. Однако малый бизнес в области НИОКР должен перенимать опыт крупных фирм в сфере разработки четких инновационных стратегий и формализации инновационного процесса.

В настоящее время крупные зрелые промышленные корпорации показывают готовность сотрудничества с малыми инновационными фирмами с целью извлечения дополнительной выгоды. Корпорации страдают от структурных ограничений. Поэтому они строят свои отношения с малым инновационным бизнесом на основе взаимодополняемости. Малые фирмы приносят проекты, которые почти готовы для рынка и которые могут представлять большое преимущество для крупных фирм с точки зрения креативности, а также времени выхода на рынок. Это значительно повышает предпринимательский потенциал крупных фирм, приводит к интеграции новых продуктов или услуг в их портфеле и открывает новые возможности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Седлухо, О. В.** Противоречия НИОКР в промышленных корпорациях / О. В. Седлухо, Н. В. Рубанова, И. Я. Курсова // Учетно-аналитические и финансовые инструменты управления бизнес-процессами в экономике: материалы Междунар. науч. конф. молодых ученых и преподавателей вузов, Краснодар, 7–8 июня 2018 г. / Сост. Ю. И. Сигидов, Н. С. Власова, Г. Н. Ясенко, В. В. Башкатов. – Краснодар, 2018. – С. 285–292.

2. **Седлухо, О. В.** Противоречия научно-исследовательской деятельности в корпорациях [Электронный ресурс] / О. В. Седлухо, Н. В. Рубанова, И. Я. Курсова // Экономика и социум. – 2018. – № 4 (47). – Режим доступа: http://iupr.ru/domains_data/files/47/Sedluho%20O.V.%20Osnovnoy%20razdel.pdf. – Дата доступа: 12.02.2019.

3. **Стриженко, А. А.** Организационные структуры управления и их применение в различных компаниях [Электронный ресурс] / А. А. Стриженко, Н. Ю. Бибилова. – Режим доступа: http://elib.altstu.ru/journals/Files/pa2000_4/pages/34/Pap34.html. – Дата доступа: 15.01.2019.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ
ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ОТРАСЛИ БЕЛАРУСИ
(НА ПРИМЕРЕ ОАО «БУМАЖНАЯ ФАБРИКА «СПАРТАК»)

О. В. СЕДЛУХО, Д. В. БИЧИКОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

ОАО «Бумажная фабрика «Спартак» – современное предприятие, использующее новейшие технологии и оборудование ведущих европейских производителей для изготовления бумаги, картона и изделий из них. Фабрика относится к целлюлозно-бумажной и лесохимической отрасли.

В настоящее время предприятие выпускает свыше 30-ти наименований продукции. Оно специализируется по выпуску такой основной продукции, как бумага, картон, изделия из бумаги и картона (товары народного потребления); гофрокартон и гофроящики; гильзы картонно-бумажные спирально-навивные. Кроме того, фабрика оказывает целый комплекс услуг, включающих изготовление продукции (бумаги, картона, гофрокартона) из давальческого сырья, отпуск тепла на сторону, оказание разовых услуг населению и т. д.

Необходимо отметить, что целлюлозная продукция белорусских предприятий представлена не во всех торговых магазинах. В первую очередь это касается торговых центров Республики Беларусь, где преобладает аналогичная продукция иностранных производителей.

В целом необходимо отметить, что бумажная отрасль является очень капиталоемкой, и инвестиционный порог для входа в эту отрасль достаточно высок. Уровень конкуренции между производителями бумажно-гигиенических средств можно охарактеризовать как средне-высокий. В то же время рентабельность производства бумажной продукции достаточно низка, а период окупаемости сравнительно длинный. В течение последних пяти лет рынок туалетной бумаги демонстрирует постоянный рост. По прогнозам специалистов, рассматриваемый рынок и в дальнейшем будет расти, но менее быстрыми темпами.

Совокупность данных факторов снижает инвестиционную привлекательность отрасли. Как результат этого, существенных инвестиций в бумагоделательные машины по производству гигиенических бумаг не было в течение долгого времени, несмотря на потенциал рынка. Большинство предприятий Республики Беларусь, производящих санитарно-гигиеническую продукцию, функционируют на рынке не более 10–12 лет. Гигиеническая бумажная продукция характеризуется тем, что ее нерентабельно возить на расстояния более 1 тыс. км, что затрудняет экспорт данного вида продукции.

На предприятии ОАО «Бумажная фабрика «Спартак» постоянно проводится работа по расширению ассортимента изделий санитарно-

гигиенического назначения (бумага туалетная и полотенца бумажные из целлюлозы, салфетки бумажные).

Около 40 % реализуемой продукции фабрика поставляет за рубеж. В структуре экспорта 47,7 % занимает бумага-основа санитарно-гигиенического назначения, бумага для гофрирования – 37,6 %, гофротара – 14,7 %. До 45% экспорта предприятия приходится на регионы Российской Федерации, также продукция поставляется в Чехию, Эстонию, Венгрию, Литву, Латвию, Молдову, Польшу, Словакию, Украину и Сербию.

С 27 сентября 2018 г. ОАО «Бумажная фабрика «Спартак» входит в свободную экономическую зону «Могилев». В связи с этим для предприятия применяются налоговые льготы и таможенные преференции.

В 2018 г. предприятие расширило географию поставок за счет расширения ассортимента бумажной продукции и продолжило политику диверсификации экспорта.

В продвижении продукции предприятия используется комплекс маркетинговых мер по стимулированию сбыта, включающий в себя: обеспечение наличия расширенного ассортимента изделий санитарно-гигиенического назначения в торговых объектах Республики Беларусь; направление адресных коммерческих предложений, прайс-листов, образцов выпускаемой бумажной продукции; страхование экспортных рисков по внешнеэкономической деятельности в РУП «Белэксимгарант»; участие предприятия на ведущих торговых площадках в сети Интернет, размещение информации в бизнес-каталогах, информационных справочниках; в 2018 г. фабрика участвовала в выставочных мероприятиях в Республике Беларусь и за рубежом, в рабочих визитах, организуемых БелТПП и загранучреждениями Республики Беларусь; участие в конкурсах и тендерах на закупку; применение гибкой системы скидок и предоставление отсрочки платежа при расчетах за отгруженную бумажную продукцию.

Фабрика имеет устойчивое финансовое положение, доля собственного капитала организации в общей сумме средств, авансированных в ее деятельность, на 01.01.2018 г. составила 0,211 (норматив – более 0,6). Это говорит о том, что большая часть затрат фабрики покрывается за счет заимствований. В то же время незначительно сокращается, по сравнению с прошлым годом, отношение финансовых обязательств к собственному капиталу. Коэффициент капитализации составил 3,735, хотя не должен превышать 1. Коэффициент обеспеченности обязательств активами 0,79 (меньше 1). Это говорит о том, что предприятие покрывает своими активами всю долгосрочную и краткосрочную задолженность.

По результатам исследования можно сделать вывод о стабильном положении предприятия на рынке. ОАО «Бумажная фабрика «Спартак» постепенно наращивает свои конкурентные позиции, находит новые рынки сбыта. Продукция предприятия востребована как в Республике Беларусь, так и за ее пределами.

УДК 338
К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА
РЕГИОНА

И. С. ТАЮРСКАЯ
Университет при МПА ЕВРАЗЭС
Санкт-Петербург, Россия

В условиях реализации задач цифровой экономики анализ уровня и динамики промышленного потенциала позволит установить ориентиры для формирования приоритетов региональной промышленной политики. Для оценки промышленного потенциала региона (ПП) были выбраны двадцать девять показателей. Набор показателей отражает наличие необходимых и достаточных инфраструктурных возможностей и ресурсов, определяющих готовность обрабатывающих производств исследуемого объекта к реализации задач текущего этапа развития цифровой экономики. Для приведения показателей к сопоставимому виду был использован многомерный сравнительный анализ. На следующем этапе исследования из отобранных показателей были собраны семь индексов:

- индекс материально-технического состояния (ИМТ);
- финансовый индекс (ФИ);
- индекс готовности промышленной инфраструктуры региона (ИГПИ);
- кадровый индекс (КИ);
- инновационный индекс (ИИН);
- индекс готовности информационно-коммуникационной инфраструктуры региона (ИКТ);
- индекс автоматизации производственных процессов и бизнес-процессов (АПБП).

Каждый индекс рассчитывался путем суммирования значений входящих в него показателей. Сводный интегральный показатель оценки промышленного потенциала рассчитывался по формуле среднего геометрического

$$ПП = \sqrt[7]{ИМТ \cdot ФИ \cdot ИГПИ \cdot КИ \cdot ИИН \cdot ИКТ \cdot АПБП}.$$

Результаты расчетов представлены в табл. 1.

На рис. 1 приведена динамика изменения промышленного потенциала за исследуемый период.

Полученные результаты, помимо региональной асимметрии, свидетельствуют о снижении уровня промышленного потенциала практически во всех исследуемых регионах. Положительная динамика наблюдается только в

Вологодской области, ее причиной является реализация региональной промышленной политики в области инноваций, направленной на непосредственное соединение образовательных, научных и промышленных ресурсов объекта. Отрицательная динамика для большинства регионов обусловлена несоответствием требованиям цифровой экономики состояния кадрового ресурса и материально-технической инфраструктуры объекта.

Табл. 1. Оценка промышленного потенциала регионов Северо-Западного федерального округа за 2010–2016 гг.

В условных единицах

Регион	Год						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Республика Карелия	1,61	1,45	1,51	1,30	1,26	1,42	1,30
Республика Коми	1,81	1,92	1,98	1,75	1,68	1,68	1,61
Архангельская область	1,49	1,43	1,77	1,67	1,43	1,39	1,34
Ненецкий автономный округ	0,87	0,98	0,89	0,85	0,95	0,69	1,03
Вологодская область	1,56	1,70	1,67	1,52	1,63	1,78	1,63
Калининградская область	1,69	1,59	1,75	1,52	1,28	1,55	1,54
Ленинградская область	2,46	2,39	2,54	2,58	2,34	2,34	2,22
Мурманская область	1,94	1,64	1,73	1,66	1,77	1,66	1,50
Новгородская область	1,96	1,92	1,99	1,68	1,69	1,74	1,57
Псковская область	1,67	1,57	1,55	1,44	1,19	1,39	1,37
г. Санкт-Петербург	3,55	3,65	3,73	3,41	3,34	3,09	3,18

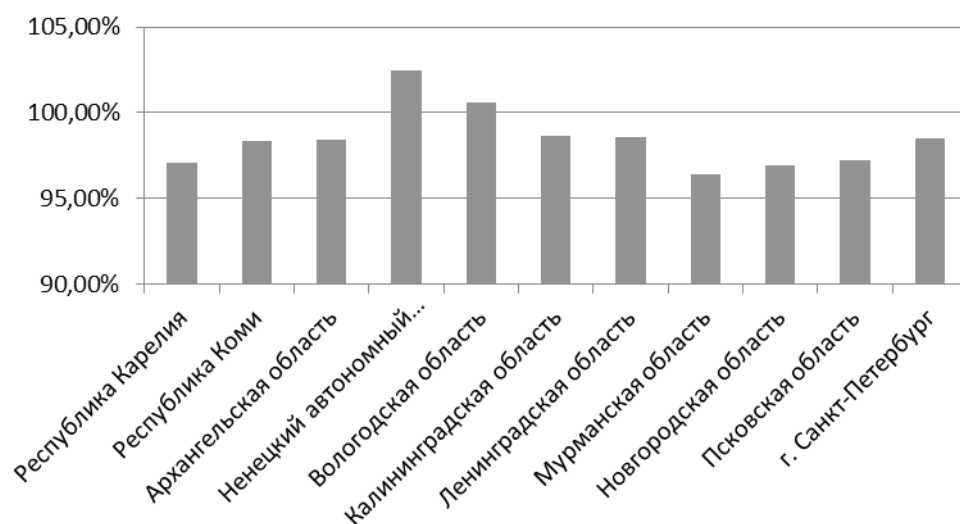


Рис. 1. Среднегодовые темпы роста промышленного потенциала

Предлагаемый подход к оценке промышленного потенциала может быть использован в процессе разработки программ реализации региональной промышленной политики, направленной на повышение технико-технологического уровня производственной деятельности и совместное развитие кадрового и научного потенциалов промышленности.

УДК 620.22-419

НЕКОТОРЫЕ ПУТИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

К. А. ТОКМЕНИНОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В Республике Беларусь наблюдается постоянный рост цен на прокат черных металлов, который в основном приобретается из-за рубежа. Вместе с тем в РБ развита химическая промышленность, а также производство высокопрочных волокон и полимерных смол. Они являются основными компонентами современных полимерных композиционных материалов.

На ОАО «Стекловолокно», г. Новополоцк, выпускается широкая номенклатура стеклонитей и стеклотканей. В г. Светлогорске Гомельской области производятся эпоксидные смолы. Указанные компоненты являются исходными материалами для современных инновационных полимерных композиционных материалов (КМ) – стеклопластиков.

Замена традиционных металлических конструкционных материалов на КМ весьма эффективна для Республики Беларусь. Это позволяет существенно снизить производственные затраты и обеспечить развитие предприятий в рамках импортозамещения.

Вторым направлением снижения производственных затрат является энергетическая составляющая в себестоимости продукции. Эффект может быть достигнут за счет производства электрической и тепловой энергии для собственных нужд предприятия по себестоимости на современных энергетических газотурбинных установках (ГТУ).

Технико-экономическое обоснование эффективности инвестиционного проекта по внедрению указанных направлений в деятельность предприятия проводилось на базе СЗАО «Могилевский вагоностроительный завод».

Проведено обоснование освоения нового вида продукции – железнодорожных цистерн из стеклопластиков. Основной технологией изготовления подобных изделий является спиральная намотка на станках с числовым программным управлением.

В процессе маркетинговых исследований выбраны аналоги оборудования: два станка китайского и один российского производства.

Для окончательного выбора станка была проведена комплексная оценка технического уровня выявленных аналогов, по результатам которой было установлено, что наиболее оптимальным решением является выбор станка китайского производителя модели FWWS-4000.

Технико-экономическое обоснование инвестиционного проекта показало, что при внедрении в производство цистерн из стекло-

пластика производственные затраты снижаются почти в 3 раза.

Была также рассмотрена эффективность снижения энергетических затрат при производстве продукции за счет закупки газотурбинных установок (ГТУ).

Для того чтобы значительно снизить себестоимость продукции на СЗАО «Могилевский вагоностроительный завод» и тем самым повысить сбыт производимой продукции, необходимо сократить энергетические затраты за счет внедрения газотурбинных установок, позволяющих отказаться от закупки электроэнергии по установленным тарифам, а производить ее самостоятельно по себестоимости.

Газотурбинная установка является энергетической установкой, конструктивно объединяющей газовую турбину, электрический генератор, газовоздушный тракт, систему управления и вспомогательные устройства (пусковое устройство, компрессор, котел-утилизатор).

Кроме генерации электроэнергии, используются отработанные продукты сгорания топлива газовых турбин. Температура отработанных газов может достигать тысячи градусов.

Из вышесказанного следует, что покупая газотурбинную установку, необходимо также приобрести котел-утилизатор, позволяющий задействовать тепло выходящих газов, повышая тем самым коэффициент использования топлива. Кроме того, это позволяет отказаться от закупки всей либо части тепловой энергии. Утилизация дает возможность сократить выбросы в атмосферу вредных веществ. Это сокращает для предприятия экологический налог.

В качестве наиболее перспективной была выбрана ГТУ KG2 компании DresserRand. Она эффективна для организации резервного и непрерывного электроснабжения. Генераторная установка KG2 разработана для удовлетворения потребности в электроэнергии мощностью от 1 до 10 МВт (одна или несколько установок). Более 900 установок уже поставлены и работают по всему миру.

Дисконтированный срок окупаемости проекта (Discounted payback period, DPP) является одним из наиболее распространенных показателей оценки его эффективности на основе сопоставления текущих цен с ценами будущих периодов.

Ставка дисконтирования при технико-экономическом обосновании рассматриваемого инвестиционного проекта была принята равной ставке рефинансирования Национального банка Республики Беларусь – 10 %.

В этом случае дисконтированный срок окупаемости инвестиционного проекта по освоению нового вида продукции – железнодорожных цистерн из стеклопластиков с одновременным переходом на выработку электрической и тепловой энергии по себестоимости для собственных нужд за счет приобретения собственной газотурбинной установки не превысит двух лет.

УДК 338
НЕКОТОРЫЕ ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ
ПРОДУКЦИИ НА ПРИМЕРЕ ОАО «ОЛЬСА»

К. А. ТОКМЕНИНОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Один из основных видов продукции, выпускаемой ОАО «Ольса», – кемпинговая мебель и раскладные кровати. В последнее время на этом рынке появилась продукция производства КНР. Китайская продукция выпускается по более прогрессивным технологиям на более совершенном оборудовании, поэтому ее себестоимость ниже. Для сохранения существующих рынков продукции ОАО «Ольса» необходимо снижать производственные затраты. По заказу предприятия кафедрой «Экономика и управление» были разработаны рекомендации по снижению производственных затрат для некоторых видов продукции, в том числе для кроватей раскладных.

В рамках исследования были изучены технологии и оборудование по производству кроватей раскладных и выявлены наиболее затратные производственные составляющие с целью последующего технико-экономического обоснования путей снижения производственных затрат и повышения конкурентоспособности продукции.

Исследования показали, что наибольший моральный и физический износ имеет оборудование на заготовительном участке.

В качестве исходных заготовок для производства кроватей раскладных используются трубы круглого сечения диаметром 18 мм. Трубы закупаются стандартной длины 6 м в пачках по 130 штук.

По существующей технологии рубка их на пять исходных заготовок для кровати раскладной выполняется на прессах. Указанная технология имеет ряд значительных недостатков, приводящих к повышенным производственным затратам:

- рубка труб производится поштучно. В процессе участвуют двое рабочих. Это приводит к высокой трудоемкости работ и, следовательно, к повышенным энергозатратам и фонду оплаты труда;
- в процессе рубки края трубы деформируются, что требует последующей операции правки вручную с помощью керна. Это, в свою очередь, приводит к повышению фонда оплаты труда;
- в процессе рубки упор пресса настраивается на один размер заготовки. Рубка при одной настройке осуществляется для всей партии

кроватей. Поскольку для одного комплекта требуется пять заготовок, то последовательно осуществляется пять настроек. Отходы, образующиеся при рубке заготовок (неиспользуемый остаток трубы), будут разными и не оптимальными, что приводит к повышенным затратам на материалы;

– мощность пресса при рубке заготовок является избыточной, что приводит к повышенным энергетическим затратам.

Для того чтобы избавиться от указанных недостатков существующей технологии заготовки элементов раскладной кровати, целесообразным представляется использование автоматизированного оборудования с ЧПУ, не оказывающего значительного механического воздействия на зону реза, позволяющего за один установ осуществлять раскрой целой пачки труб, резку нескольких размеров заготовок за один проход по заданной программе с обеспечением минимального количества отходов.

В настоящее время наиболее полно указанным требованиям отвечают два вида оборудования: установки для лазерного раскроя металла и для водоабразивной резки материалов.

В качестве предлагаемого для ОАО «Ольса» оборудования были рекомендованы установки для водоабразивной резки. Эти установки менее требовательны к существующим условиям цеха, климатизации, что соответствует производственным мощностям предприятия.

Широкую номенклатуру станков для водоабразивной резки предлагает целый ряд фирм из Чехии, Турции, Германии, России, Китая.

Проведенными исследованиями с оценкой параметров резки (скорость резки, ширина реза, точность позиционирования режущей головки и др.), а также цены установок определено, что наиболее оптимальным вариантом является закупка китайских установок фирмы HEAD water jet. Указанная фирма выпускает широкий ассортимент установок. Средняя цена составляет 55 тыс. долл. При выборе конкретной установки необходимо учитывать возможную толщину разрезаемого металла. Выбранная установка имеет ширину стола для резки 1080 мм и обеспечивает резку стали до 50 мм.

Пачка труб диаметром 18 мм в количестве 130 штук может быть распределена на столе шириной 1080 мм в три слоя. При толщине стенки трубы 2 мм условная толщина металла для реза не превысит 20 мм, что соответствует параметрам станка. За счет одновременной резки всей пачки труб по заданной программе производительность возрастает на порядок. Следует также учесть, что разрезанные законцовки труб не требуют последующей правки, существенно сокращается количество отходов.

Проведенными технико-экономическими обоснованиями установлено, что срок окупаемости инновационного оборудования не превысит 2,5 года.

УДК 159.9.378

МЕСТО И РОЛЬ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Г. Я. АЛЕКСЮТИНА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Проблема необходимости и полноты психологического образования, как и в целом цикла социогуманитарных дисциплин, в техническом вузе не нова, но всегда вновь и вновь актуальна. До недавнего времени психология была широко представлена в разнообразных программах профессионального образования специалистов технического профиля в Республике Беларусь. Затем основной курс психологии из самостоятельной дисциплины был интегрирован в обязательный модуль «Философия». Перевод психологии в разряд предметов по выбору студента приведет к обесцениванию психологического знания и его роли в формировании компетентного специалиста. Данный процесс резко противоречит тенденции гуманизации и гуманитаризации образования, которая обнаруживает себя на протяжении последних десятилетий во всём мире. Она состоит в приоритетном развитии общекультурных компонентов в содержании образования, актуализации и расширении гуманитарного, психолого-педагогического знания.

Определение места психологии в системе наук, специфики ее содержания традиционно считается предметом для дискуссий. В разные эпохи, в разных странах и учебных заведениях психологические знания предлагались в рамках других наук: философии, медицины, риторики. Даже возведенная в ранг самостоятельной науки психология то исключалась из образовательных программ на много лет, то вновь восстанавливалась. С развитием экспериментальной и прикладной психологии в начале XX в. растет интерес к данной науке. Преподавание психологии вводится во многих учебных заведениях Европы и Америки, в России – с 1905 г. В Советском Союзе введенная в 1947 г. как обязательный школьный учебный предмет психология была исключена из учебного плана в 1958 г., а затем снова возвращена уже в форме факультатива. В 1990-х гг. её роль на всех ступенях образования стала стремительно возрастать, что дало основание предполагать, что XXI в. станет веком психологического образования [2, с. 16–25].

Современная психология – наука многоотраслевая. Большинство из отраслей психологической науки сформировались в XX в., среди них – инженерная психология, показавшая свою эффективность в развитии науки, техники, производства. Возникнув на стыке гуманитарной и технической сферы знаний, инженерная психология развивается как технически ориентированное прикладное исследование практической психологии.

Первые значительные инженерно-психологические исследования были проведены в США и Англии в 1940-х гг. Начиная с разработки вопросов, связанных с совершенствованием объектов военной техники, вектор внимания ученых сместился на вопросы согласования данной техники с возможностями обслуживающего персонала. Эмпирическим путём было установлено, что эффективность эксплуатации военной техники и её надёжность существенно зависят от «человеческих факторов» [1, с. 44]. В СССР в 1950-х гг. стали разрабатываться вопросы специализированных отраслей – эргономики, психологии труда, инженерной психологии. К 1970-м гг. в Институте психологии АН СССР сложилась целая академическая школа, где проводились исследования по фундаментальным и прикладным проблемам инженерной психологии. Одним из пионеров в этой области стал Уфимский авиационный институт, ещё в 1973 г. первым из технических вузов открывший кафедру инженерной психологии [3, с. 28]. На сегодняшний день инженерная психология имеет богатый теоретический и практический арсенал знаний, необходимых для различных отраслей науки.

В современном мире гуманитарное и психолого-педагогическое образование, традиционно исполняя общеобразовательную и общекультурную функцию, также выступает одним из факторов и условий ресурсосбережения в экономике. Основная ценность и главный ресурс государства – это человек. Отсутствие систематического, всестороннего гуманитарного и конкретно психологического образования сдерживает процесс профессионального становления современного специалиста, тормозит развитие всех сфер жизни общества.

Создание в Беларуси интегрированной образовательной, научно-исследовательской и предпринимательской среды в рамках модели «Университет 3.0» позволяет вузу расширить возможности использования гуманитарной составляющей. Это выводит на новый уровень изучение и применение обширного научно-практического комплекса знаний психологической науки с учетом профессиональной специфики обучающихся.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Сергеев, С. Ф.** Инженерная психология и эргономика: история развития, понятийный и концептуальный базис / С. Ф. Сергеев // Образовательные технологии. – 2011. – № 1. – С. 43–47.
2. **Карандашев, В. Н.** Методика преподавания психологии: учебник для бакалавров / В. Н. Карандашев. – Москва: Юрайт, 2014. – 376 с.
3. **Шарипов, Ф. В.** Психология и педагогика в техническом вузе / Ф. В. Шарипов // Высшее образование сегодня. – 2014. – № 6. – С. 28–35.

УДК 796.38
НАСТОЛЬНЫЙ ТЕННИС КАК СРЕДСТВО ВОССТАНОВЛЕНИЯ
И ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Т. В. АФАНАСЕНКО, О. П. МАКАРЕНКО
Белорусско-Российский университет
Могилёв, Беларусь

Для проведения занятий по физической культуре все студенты в каждом вузе распределяются по учебным отделениям: основное, специальное и спортивное. Это мероприятие проходит в начале учебного года с учётом пола, состояния здоровья, физического развития и интересов студентов. На основе данных показателей студент попадает в одно из трёх отделений для прохождения обязательного курса физического воспитания.

Настольный теннис – игровой вид спорта, который весьма привлекателен для студентов. Для него характерно постоянное изменение ситуаций, эмоциональный характер деятельности. Под воздействием занятий улучшаются скоростные, силовые, координационные способности, повышается уровень гибкости, а также происходит включение в деятельность зрительного, слухового, двигательного и нервно-мышечного аппарата.

При решении эффективности учебных занятий на восстановление и повышение работоспособности с использованием настольного тенниса были применены два контрольных норматива. Сравнивались данные, полученные во время сдачи контрольных нормативов в начале и в конце семестра в учебно-тренировочной группе по настольному теннису у 15 студентов. Так, в челночном беге 4×9 м в начале семестра показан средний результат 10,2 с, в конце семестра – 9,7 с ($P < 0,05$); в поднимании туловища из положения лёжа на спине руки за головой за 60 с показан средний результат 42,1 раза, а в конце семестра – 48,4 с ($P < 0,01$).

Результаты исследований позволяют заключить, что занятия по настольному теннису способствуют развитию и совершенствованию у занимающихся основных физических качеств, формированию различных двигательных навыков, укреплению здоровья, значит, можно использовать методы и средства физической культуры для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Барчукова, Г. В.** Настольный теннис в вузе: учебное пособие для студентов нефизкультурных вузов / Г. В. Барчукова, А. Н. Мизин. – Москва: СпортАкадемПресс, 2002. – 132 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ЗАНЯТИЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРОЙ
ПО СПЕЦИАЛИЗАЦИИ «АРМРЕСТЛИНГ»

М. Л. БУДАЕВ, В. С. ПОПРОЦКИЙ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Занятия физической культурой и спортом для студентов высших учебных заведений являются необходимым условием гармоничного развития личности. Армрестлинг как вид физической активности включает в себя совмещение различного вида нагрузок для развития всего организма и развивает бойцовские качества занимающихся, сочетая качества единоборств, силовой, скоростно-силовой подготовки и работы на выносливость. Такая разносторонняя составляющая открывает значительные перспективы в формировании и развитии личности студента высшего учебного заведения в условиях недостаточного количества свободного времени для занятий физической культурой и спортом. Основная работа проводится по специализированным, индивидуально ориентированным программам для занимающихся различной спортивной квалификации. Упражнения, включаемые в учебно-тренировочную работу, делятся на базовые и специальные. При этом основной характеристикой качественного учебно-тренировочного занятия является объем проделанной работы за тренировку, в неделю, месяц и т. д. Текущий контроль физической подготовленности 2017–2018 учебного года 30 студентов основного и подготовительного отделений, занимающихся армрестлингом 2 раза в неделю, и 30 студентов основного и подготовительного отделений, занимающихся армрестлингом 3–5 раз в неделю, показывает положительную годовую динамику по основным физическим упражнениям, характеризующим уровень физического развития (рис. 1).

Студенты, занимающиеся 2 раза в неделю, имеют следующую динамику физического развития: приседание со штангой (18 %), жим штанги лежа (17,7 %), жим штанги над головой (13,8 %), подъем штанги стоя на бицепс (12 %), динамометрия (7,7 %), прыжок в длину с места (4 %).

Студенты, занимающиеся 3–5 раз в неделю, имеют существенно больший прирост подготовленности по основным физическим упражнениям: приседание со штангой (23 %), жим штанги лежа (25,1 %), жим штанги над головой (20 %), подъем штанги стоя на бицепс (18,7 %), динамометрия (12,2 %), прыжок в длину с места (6 %).

Как показывают результаты, полученные в зале силовых видов спорта Белорусско-Российского университета, студенты, выбравшие для занятий физической культурой специализацию «Армрестлинг», имеют положительную динамику физического развития по всем контрольным физическим

упражнениям. Это свидетельствует об эффективности специализации «Армрестлинг» как вида физической активности применительно к высшим учебным заведениям при наличии необходимого спортивного оборудования и условий для учебно-тренировочного процесса. Следует заметить, что увеличение количества тренировок в неделю до трех и более существенно ускоряет процесс физического развития у студентов.

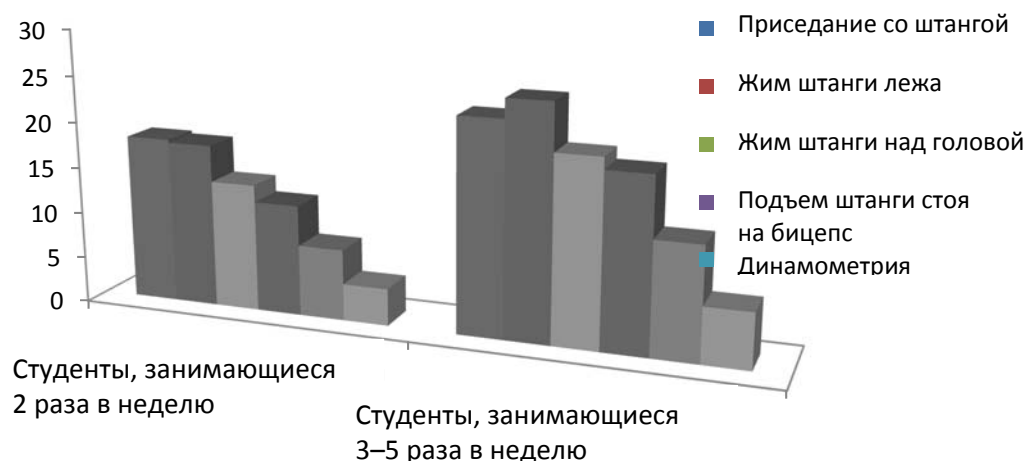


Рис. 1. Динамика физического развития студентов, занимающихся армрестлингом в 2017–2018 учебном году

В 2017–2018 учебном году в зале силовых видов спорта подготовлены 1 мастер спорта и 25 кандидатов в мастера спорта Республики Беларусь по армрестлингу. Из них чемпионы, призеры республиканских и областных соревнований. Таким образом, система работы со студентами Белорусско-Российского университета со специализацией «Армрестлинг» обеспечивает возможность на протяжении всего периода учебно-тренировочных занятий существенно повысить уровень физической подготовленности, получить теоретические и практические знания о тренировках и физических упражнениях, добиться высоких спортивных результатов на соревнованиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будаев, М. Л. Динамика физической подготовленности студентов Белорусско-Российского университета, занимающихся армрестлингом / М. Л. Будаев, Д. Н. Самуйлов, В. С. Попроцкий // Научно-методическое обеспечение физического воспитания и спортивной подготовки студентов вузов: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 1–2 нояб. 2018 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: В. А. Коледа (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – С. 77–80.

Н. В. ВОЛОГИНА, Ю. Н. ЛОПАЦКИЙ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В 2019–2020 учебном году ректоратором инициируется введение факультативного курса «Университетоведение» для студентов первого курса Белорусско-Российского университета. Принятие этого решения обусловлено необходимостью формирования у обучающихся знаний о сущности данного типа учебных заведений, для которых характерна многопрофильность образовательного процесса с большим выбором учебных программ в различных областях знаний. Отличие университета от других организационных форм высшего образования состоит в том, что в нем подготовка специалистов осуществляется по фундаментальным и прикладным наукам и теснейшим образом связана с научно-исследовательской работой. Поэтому современные университеты стремятся к тому, чтобы функционировать как учебно-научно-практические образования. На сегодняшний день Белорусско-Российский университет вошёл в число семи вузов республики, в которых с осени 2018 г. начал реализовываться экспериментальный проект «Университет 3.0». Данный проект «направлен на комплексное развитие образовательной, научно-инновационной и производственно-предпринимательской деятельности для обеспечения коммерциализации результатов интеллектуального труда его сотрудников и выпускников» [1, с. 22].

Участие университета в этом проекте будет не только способствовать активизации и усилению включенности студентов в учебно-образовательную деятельность, но и мотивированию их с первого курса на занятие научно-исследовательской работой с целью воспроизводства каждым студентом своего научного продукта. Подобная инициатива снизу потребует совершенствования учебной и научной деятельности профессорско-преподавательского состава, а в некоторых случаях и возможной ее перестройки.

Особый статус университета, а именно его межгосударственный характер, позволяет на сегодняшний день всем участникам образовательного процесса – администрации вуза, профессорско-преподавательскому составу, студентам использовать в образовательном процессе все самые лучшие методики и инновационные технологии, «наработанные» системами высшего образования Республики Беларусь и Российской Федерации. Участие университета в Комплексной программе развития славянских вузов, финансируемой Министерством науки и высшего образования Российской Федерации, и реализация в университете проекта Союзного

государства «Развитие образовательной и научной деятельности Белорусско-Российского университета на базе инновационных технологий» дало возможность открыть новые многопрофильные учебно-экспериментальные лаборатории и компьютерные классы, существенным образом модернизировать учебно-лабораторную и научно-исследовательскую базу вуза.

В учебном курсе будут раскрыты основные этапы зарождения и особенности университетской системы образования в Европе и в мире. Общеизвестно считать, что первые университеты – Болонский и Парижский, возникшие соответственно в XI и начале XII вв., оказали существенное влияние на развитие университетской системы образования в европейском регионе, обогатив тем самым его цивилизационную составляющую. В процессе развития университетов совершенствуются их внутренняя организационно-управленческая структура и формы преподавания, одновременно сохраняется замкнутость и корпоративность университетского образования. Многие принципы управления, организации учебного процесса и научно-исследовательской работы нашли преломление в практической деятельности современных университетов, что, несомненно, вызовет познавательный интерес у нынешней студенческой молодежи и позитивно повлияет на развитие и дальнейшее формирование многих традиций, в том числе и традиций академической свободы.

Развитие университетского образования имеет глубокие исторические традиции на белорусских землях. В начале XIX в. была создана Полоцкая академия, что по статусу приравнивало ее к университету. Настоящим центром науки и образования в этот период стал Виленский университет. Основываясь на богатом конкретно-историческом материале, преподаватель будет иметь широкие возможности для усиления воспитательной направленности курса, формирования национального самосознания молодежи и патриотизма, устойчивого интереса к отечественной истории, более глубокого и всестороннего ее осмысления.

Хотелось бы также отметить, что изучение данного факультативного курса будет способствовать формированию у студентов и выпускников университета особой корпоративной культуры, поддерживать в них идеалы студенческого братства, чувство сопричастности и единства с образовательно-культурной университетской общностью, гордость за достижения и успехи вуза в республике и за ее пределами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Пашкевич, В. М.** Реализация модели «Университет 3.0.» в ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет» / В. М. Пашкевич // Выш. шк. – 2018. – № 6. – С. 21–24.

УДК 32
ПОЛИТИЧЕСКАЯ НАУКА И ОСОБЕННОСТИ ЕЕ ПРЕПОДАВАНИЯ
НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ ГУМАНИТАРНОГО ЗНАНИЯ

Н. В. ВОЛОГИНА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В конце октября 2018 г. Республиканский совет ректоров обсудил и в целом одобрил новую Концепцию оптимизации содержания, структуры и объема социально-гуманитарных дисциплин в вузах Республики Беларусь. Предыдущая концепция была утверждена в 2014 г. и вызвала немало нареканий со стороны педагогической общественности.

Одной из ведущих учебных дисциплин, входящих в компонент социально-гуманитарного блока, на протяжении трех последних десятилетий выступает политология (политическая наука), которая вносит существенный вклад в формирование политического сознания студенчества, способствует развитию системных знаний о мире политических явлений и процессов, закладывает основы гражданственности и патриотизма.

Как научная и учебная дисциплина политология впервые в Беларуси начинает изучаться в конце 80-х – начале 90-х гг. XX в.а, приходя на смену политически и идеологически «устаревшим» и не оправдавшим возложенную на них идеологическую нагрузку таким учебным дисциплинам, как «история и теория марксизма-ленинизма», «история КПСС», «исторический и диалектический материализм» и др. Интерес к политической науке был вызван сменой идеологических ориентиров руководства Советского Союза, а позднее и руководства независимой суверенной Республики Беларусь; процессами демократизации экономической и социально-политической жизни. Общий вектор политических реформ был связан с попыткой ввести в политический и общественный дискурс понятия «многополярности», «многомерности проявлений политического», «разнородности природы общественно-политических явлений».

В этот период активно происходит процесс институционализации политического знания в Беларуси. В 1991 г. в Белорусском государственном университете открывается первая кафедра политологии, в 1992–1993 гг. начинается преподавание политологии во всех высших учебных заведениях страны. В 1995 г. принимается первая Типовая программа, в которой было прописано, что курс политологии выделен в качестве основной учебной дисциплины социально-гуманитарного цикла, изучаемого в вузах страны. В программе также отмечалось, что кафедры политологического профиля «прошли первый этап становления: разработаны вариативные учебные

программы, курсы лекций, спецкурсы, ряд вузов издал первое поколение учебных пособий по политологии» [1, с. 3].

На рубеже 1999–2000 гг. была подготовлена новая образовательная программа по политологии. В пояснительной записке формулируется цель изучения учебного курса – это политическое воспитание и образование студентов, формирование у них демократической политической культуры, адекватной современным потребностям личности, общества и государства. Таким образом, отмечается мировоззренческий и гражданский потенциал дисциплины. Значительные изменения претерпела и структурно-содержательная часть программы.

Отличительными особенностями следующего этапа в развитии преподавания курса политологии стало обращение к компетентностному подходу в обучении; усиление роли самостоятельной работы студентов; активное применение современных инновационных технологий. Программа стала носить модульную структуру содержания. В типовой учебной программе 2008 г. усиливается интерес к национально-государственной составляющей организации власти и основных форм ее проявления.

С сентября 2012 г. начинает реализовываться новая Концепция и в 2014 г. принимается следующий типовой вариант учебной программы по «Политологии». Как и предыдущая, она носит модульный характер. Отличием выступает ее интегрированный характер, который заключается в содержательном объединении двух учебных курсов – «Политологии» и «Основы идеологии белорусского государства». Необходимо отметить, что принцип модульного интегрирования на практике реализован не был. Программа 2014 г. предполагала обязательное изучение «Политологии» в вузах. На сегодняшний день, к большому сожалению, принцип обязательности изучения политической науки исключается и переводится в сферу выбора УМО.

Резюмируя вышеизложенное, хочется отметить, что прогнозируемый «выход» политологии из статуса обязательной для изучения дисциплины не сможет сказаться на ее общем функциональном значении – формировать полноценную политически грамотную личность с четко выраженной гражданской позицией и здоровым патриотизмом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Политология: программа курса для студентов высших учебных заведений / Сост. А. В. Макаров [и др.]. – Минск: М-во образования и науки Респ. Беларусь, 1995. – 34 с.

УДК 37.091.3
ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА И ПРЕПОДАВАНИЯ
ТЕХНИЧЕСКИХ И ГУМАНИТАРНЫХ ДИСЦИПЛИН В ВУЗАХ СНГ

С. В. ГОНОРОВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Опыт преподавания и организации учебного процесса изучался в период прохождения стажировки в ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», г. Москва. Это один из ведущих университетов РФ и СНГ, включающий в себя четыре института и специализированные центры. Подготовка студентов осуществляется в сфере техники и технологий, экономики и менеджмента, информатики.

В период стажировки в основном рассматривались методика преподавания, учебные, вспомогательные пособия и программное обеспечение по курсу «Сопротивление материалов». Нужно отметить, что данная дисциплина изучается параллельно с другими общетехническими и гуманитарными дисциплинами.

Внимание заслуживает подход к организации учебного процесса, при котором семестр условно разбивается на три этапа. Первый этап посвящен только чтению лекций по дисциплинам. Таким образом, полностью прочитываются все лекции по изучаемым в семестре дисциплинам. Также на этом этапе могут выдаваться индивидуальные задания, темы рефератов, планы практических занятий и семинаров. Второй этап – практические, лабораторные и семинарские занятия. Во время этих занятий проводятся контрольные мероприятия. Например, при изучении курса сопротивления применяется автоматизированный контроль знаний студентов. Форма контроля – тест. В течение семестра студент сдает тесты по заданным темам. Лабораторный практикум по курсу проводится с применением ПК.

Практические занятия по иностранным языкам проводятся в форме диалога с целью развития умения общаться на иностранном языке. Особое внимание уделяется переводу технической документации. Для таких дисциплин, как философия, социология и т. д., практикуется обсуждение вопросов по заданной теме. В процессе занятий по гуманитарным дисциплинам активно используются мультимедийные средства.

Третий этап, как правило, завершает практические, лабораторные и семинарские занятия. В основном в это время происходит сдача индивидуальных заданий и рефератов, защита лабораторных работ, отработка практических и семинарских занятий.

Очень важно, что в процессе обучения упор делается на самостоятельную работу студента.

УДК 811:316.472.4
ТЕХНОЛОГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОПУЛЯРНЫХ СОЦИАЛЬНЫХ
СЕТЕЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ
ПРИ ИЗУЧЕНИИ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА

Е. В. ГРИЦАЕВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

На сегодняшний день социальные сети пользуются огромной популярностью среди молодёжи. Статистика показывает, что за последнее время количество постоянных посетителей соцсетей стремительно возрастает. В настоящее время огромное количество людей предпочитают «зависать» в таких популярных сетях, как «В контакте», «Facebook», «Twitter» и т. д.

Социальные сети можно использовать для разных целей:

- 1) получение образовательных услуг;
- 2) общение с другими пользователями;
- 3) усовершенствование личных навыков;
- 4) внутреннее саморазвитие;
- 5) помощь в трудоустройстве или продвижение бизнеса.

Каким образом студенты могут изучать иностранные языки с помощью социальных сообществ?

Студентам предоставляется уникальный шанс общения с виртуальными носителями иностранного языка. Эта перспектива позволяет им усовершенствовать языковые навыки. Социальные сети дают студентам возможность изучать иностранный язык самостоятельно.

На сегодняшний день создано более сотни тысяч различных тематических форумов, которые позволяют общаться людям с разных стран мира.

Социальные сети можно использовать для формирования следующих навыков иностранного языка: аудирование, чтение, грамматика и говорение.

«Facebook» и «My space» – отличные соцсети, которые помогают студентам освоить навыки говорения. Такие популярные программы, как «Wattsapp» или «Skype», позволяют молодым людям контактировать с носителями иностранного языка. Этот способ является отличной практикой в усовершенствовании беседы на другом языке.

Грамматические навыки также могут формироваться с помощью социальных сетей. Студенты могут переписываться с иностранными пользователями, тем самым развивая навыки письма. Также пользователи соцсетей могут вступать в различные зарубежные сообщества, участвовать в конкурсах или оставлять комментарии в обсуждении тем на иностранном языке.

УДК 001:378
ПРАВОВЫЕ ГАРАНТИИ СВОБОДЫ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
В ВУЗАХ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

А. А. ГРИШАЕВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Республика Беларусь

Международные стандарты, закрепленные в статье 27¹ Всеобщей декларации прав человека, дают право каждому члену общества свободно участвовать в научном прогрессе и пользоваться его благами. Государства, ратифицировавшие Международный пакт об экономических социальных и культурных правах (в том числе Беларусь), взяли на себя обязательство уважать свободу научных исследований и творческой деятельности (статья 15). Так как эта свобода признана безусловной необходимостью, то государства-участники пакта должны принимать меры, необходимые для охраны, развития и распространения достижений науки и культуры.

Конституцией Республики Беларусь в статье 51 установлено, что государство гарантирует свободу научного творчества и содействует развитию научных и технических исследований на благо общих интересов. Декларирование конституционной свободы научного творчества предполагает соответствующий законодательный подход. Так, согласно статье 5 Закона Республики Беларусь «Об основах государственной научно-технической политики» от 19 января 1993 г. № 2105-XII, одним из основных принципов формирования и реализации государственной научно-технической политики Республики Беларусь является принцип обеспечения свободы научной, научно-технической и инновационной деятельности. Согласно статье 4 Закона Республики Беларусь «О научной деятельности» от 21 октября 1996 г. № 708-XIII государственное регулирование в данной области общественной жизни должно сочетаться:

– *во-первых, с творческой инициативой субъектов научной деятельности.* Важно отметить, что Кодекс Республики Беларусь об образовании от 13 января 2011 г. № 243-З статьей 52 также предоставляет научно-педагогическим работникам право на творческую инициативу. При этом в литературе по психологии творчества отмечаются такие черты творческой личности, как готовность пойти на интеллектуальный риск, смелость взглядов и независимость суждений, новаторский стиль мышления и подобные. В философии существует широкий диапазон мнений о социальной ответственности ученых и этических требованиях к исследовательской деятельности. Поэтому многие психологические черты творческой личности не отвечают правовым установкам, данным в статье 89 Кодекса об образовании, согласно которой образовательный процесс организуется на основе образовательных стандартов, культурных традиций и ценностей

белорусского народа, а в силу статьи 53 педагогические работники обязаны соблюдать правовые, нравственные и этические нормы;

– *во-вторых, правовое регулирование научной деятельности должно сочетаться со свободой научной деятельности.* Важно отметить, что Кодекс об образовании статьей 52 также предоставляет научно-педагогическим работникам право на участие в научной, научно-технической, экспериментальной, инновационной деятельности учреждения образования. В связи с чем возникает вопрос о законности включения в круг должностных обязанностей педагогического работника вуза на уровне локального регулирования обязанности (*а не права*) осуществлять научно-исследовательскую деятельность. Кроме того, свобода научной деятельности требует такого объективного условия ее реализации, как наличие свободного времени. Однако если ранее законодательство содержало нормы о предоставлении творческих отпусков работникам высших учебных заведений продолжительностью до 90 (или 180) календарных дней с сохранением заработной платы (статья 188 «Творческие отпуска» Трудового кодекса Республики Беларусь от 26 июля 1999 г.), то с 20 июля 2007 г. данная статья была исключена, а указанное право получило закрепление в статье 190 Трудового кодекса, согласно которой «для работы над диссертацией, написания учебников и по другим уважительным причинам работнику по его письменному заявлению может быть предоставлен в течение календарного года отпуск без сохранения заработной платы не более 30 календарных дней, если иное не предусмотрено коллективным договором, соглашением»;

– *в-третьих, правовое регулирование научной деятельности должно сочетаться со свободой научного поиска и свободой выбора субъектами научной деятельности направлений научной деятельности и методов проведения научных исследований.* Однако статьей 3 Закона от 4 мая 2010 г. Национальная академия наук наделена правом принимать обязательные решения для всех субъектов научной деятельности по вопросам организации, проведения и координации фундаментальных и прикладных научных исследований. В связи с чем Конституционный Суд Республики Беларусь в своем Решении от 27 апреля 2010 г. отметил законность данного полномочия, мотивируя тем, что правоприменительная практика при организации и проведении научных исследований должна основываться на соразмерности интересов участников научной деятельности.

Таким образом, свобода научной деятельности в праве Республики Беларусь рассматривается не как абсолютное право, а как то, что должно быть связано с определенными ограничениями, с ответственностью и должно отвечать интересам других субъектов правоотношений.

УДК 796.8

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИСПОЛНЕНИЯ БРОСКОВ В ПОЕДИНКАХ ДЗЮДОИСТОВ ВЫСОКОГО КЛАССА

А. В. ДОРОЩЕНКО, А. Н. ПЕРЕЦ, В. В. СЫЧЕВИЧ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Первостепенная значимость устранения проблем в единоборствах, связанных с совершенствованием технико-тактической подготовки, обусловлена тем, что соревновательная деятельность борцов высокого класса должна полностью соответствовать требованиям, предъявляемым к поединкам Международной федерацией дзюдо. В научно-методической литературе совершенствованию технико-тактической подготовки борцов отводится немалое внимание [1–3]. Авторы предлагают различные методики по улучшению данной подготовки и обязывают борцов применять рациональную технику бросков в стремительно меняющихся условиях. Однако это обстоятельство определенным образом сказывается на качестве проведения технических действий спортсменами в соревновательных поединках и препятствует в дальнейшем успешному использованию имеющегося двигательного потенциала, что отрицательно влияет на структуру приема в соревновательных условиях [3].

Таким образом, основываясь на вышеизложенном материале, целью работы является совершенствование техники бросков квалифицированных дзюдоистов посредством интенсификации проведения технических действий в поединке.

Для получения объективных данных о значении атакующих технических действий в борьбе дзюдо и об их составе посредством анкетного опроса ряда специалистов (n 48) и анализа видеозаписей (n 108) с соревнований высокого ранга (ЧЕ и ЧМ за 2018 г.) были выделены наиболее часто применяемые эффективные высокоамплитудные броски (то есть приемы в положении стоя), которые по суммарному количеству проведенных технических действий, получивших оценки «Ваза-ари», превосходят другие приемы борьбы. Всего оценок – 456 среди приемов в «стойке».

Была разработана методика, состоящая из пяти микроциклов, в которые была включена алгоритмизация тренировочной схватки по совершенствованию качества проводимых технических действий в общем подготовительном периоде. В каждом микроцикле ставилась задача по повышению качества исполнения определенного вида бросков.

1-й микроцикл. Задача: совершенствование техники броска через спину со стойки на фоне компонента специальной выносливости.

2-й микроцикл. Задача: совершенствование техники броска через бедро на фоне компонента специальной выносливости. Методика такая же, как и в первом микроцикле.

3-й микроцикл. Задача: совершенствование техники броска через плечи с колен на фоне компонента специальной выносливости. Методика такая же, как и в первом микроцикле.

4-й микроцикл. Задача: совершенствование техники броска через голову с упором стопой в живот на фоне компонента специальной выносливости. Методика такая же, как и в первом микроцикле.

5-й микроцикл. Задача: совершенствование техники броска подхватом на фоне компонента специальной выносливости. Методика такая же, как и в первом микроцикле.

В доказательство эффективности разработанной методики была проведена оценка качества выполняемых технических действий в начале и в конце микроциклов в поединках. Для этого использовалась система оценок и суммирования баллов за каждый элемент техники, представленная на сайте Белорусской федерации дзюдо [4].

При использовании предложенной методики рекомендуется обратить внимание на технику исполнения «подворота», поскольку от технически правильного «подворота» зависит скорость броска, что дает возможность определить качество и результативность осуществленного приема.

Тестирование показало, что в связи с улучшением качества используемых вышеизложенных бросков увеличилось и количество проводимых результативных технических действий, что, в свою очередь, привело к интенсивному ведению схватки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Дорощенко, А. В.** Совершенствование технического мастерства дзюдоистов высокого класса / А. В. Дорощенко // Мир спорта. – 2018. – № 2 (71). – С. 46–51.

2. **Дорощенко, А. В.** Повышение плотности проведения результативных технических действий в поединке / А. В. Дорощенко, А. М. Шахлай // Ученые записки : сб. рец. науч. тр. / Белорус. гос. ун-т физ. культуры; редкол.: С. Б. Репкин (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – Вып. 21. – С. 99–110.

3. **Пашинцев, В. Г.** Физическая подготовка квалифицированных дзюдоистов к главному соревнованию года: [монография] / В. Г. Пашинцев. – Москва: Спорт, 2016. – 80 с.

4. Белорусская федерация дзюдо [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.judo.by/index.php?option=com_content&view=article&id=153%3Arazdtxsorevnov&catid=56&Itemid=71&limitstart=6. – Дата доступа: 23.01.2018.

КУЛЬТУРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ
В СОВРЕМЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

А. П. ДУБИНИНА
Белорусско-Российский университет
Могилёв, Беларусь

Культурологическая компонента является на сегодняшний день важной составляющей в гуманитарной и технико-технологической подготовке студентов высших учебных заведений в Республике Беларусь. Различные современные направления культурологической мысли способствуют формированию соответствующих школ и обширного проблемного поля культурологии, внутри которого происходят неослабевающие дискуссии. Культурология имеет определяющее значение в условиях современной социокультурной ситуации, так как активизирует научную деятельность по изучению проблем культуры; решает вопросы воспитания подрастающего поколения в ценностях и нормах национальной и мировой культуры; определяет направления и принципы культурной политики государства; концентрируется на решении проблем инкультурации, аккультурации, социализации личности.

В современной культурологии выделяют два основных направления: гуманитарная культурология и социально-научная культурология. В целом, культурология изучает мир в контексте его культурного существования, т. е. со стороны того, чем этот мир является для человеческой личности, каким смыслом он наполнен. Кроме того, культурология стремится осмыслить мир человеческой культуры не как простое скопление отдельных артефактов, а как системное их единство.

Говоря о роли культурологии в системе университетского образования, следует отметить, что изучение основ культурологии повышает уровень культурной компетентности личности в социуме, а культурная компетентность личности выражается, прежде всего, в степени её знакомства с совокупным социальным опытом, нормами межчеловеческих отношений, оценочными иерархиями. Поэтому особую роль в процессе становления культурной компетентности играет образование, прежде всего гуманитарная, культурологическая составляющая этого процесса, обогащающая личность знаниями в области искусства, литературы, философии. Государственный образовательный стандарт предлагает изучение культурологии по основным разделам, отражающим содержательное наполнение

данного курса и в то же время показывающим основные тенденции и проблемы современного социокультурного процесса.

Здесь можно отметить важность изучения таких разделов, как морфология культуры; основные функции культуры; изучение человека как субъекта культуры и субъекта, культуру творящего; особенности взаимоотношений между культурой и обществом, культурой и природой; особенности современной элитарной и массовой культуры; контркультурные и субкультурные явления в системе культуры; особенности культуры информационного этапа развития общества; культура и глобальные проблемы нашего времени.

Значимая роль в обосновании культурологии и закреплению её названия принадлежит американскому антропологу Л. Уайту, которым впервые был применён термин «культурология» для обозначения класса явлений, имеющих символическое происхождение и непосредственно связанное с деятельностью человека. Американский учёный был убеждён, что культурология – перспективная наука, необходимая для познания всего, что определяет человеческое в человеке.

В настоящее время культурология развивается весьма интенсивно, идет процесс дифференциации культурологического знания, что свидетельствует о развитии науки. Появляются новые разделы в рамках культурологии, такие как теория межкультурной коммуникации; теория культуры повседневности; конфликтология; геоника (культурологическая география), компаративистика (сравнительное изучение культур) и др. Значимую роль в этом процессе играют потребности современной эпохи, интересы исследователей, накопленный материал, запросы практики. Основные принципы культурологии базируются на единстве естественнонаучной и гуманитарной культуры, на понимающем объяснении феноменов различных культур; на объяснении мира как многогранного и многозначного; на невозможности единственно верных определений в мире современной культуры, особенно в условиях мультикультурализма и глобализации.

Итак, культурология на сегодняшний день является не просто научной дисциплиной, использующий комплексный и многоплановый подход к изучению культурной системы в целом, но и важнейшей составляющей современного образовательного процесса, объясняющей историко-культурный процесс в мировом и национальном масштабе и способствующей прогнозированию культурного процесса, а в ближайшем будущем и управление им.

В. З. ЖУКОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Независимо от избранного пути дальнейшего развития образования в Республике Беларусь целесообразно переосмыслить содержание и методику образовательного гуманитарного процесса в техническом вузе.

Часто учебное время, отводимое на гуманитарные дисциплины, использовалось неэффективно из-за попыток «объять необъятное» и избыточного теоретизирования. На экзаменах и зачетах студентам нередко оказывалось достаточным давать определения терминам и изучаемым явлениям вместо того, чтобы решать проблемные задачи.

Для сегодняшних студентов, будущих инженеров-практиков, необходим не столько общетеоретический подход, сколько детализированное изучение более «приземленных» проблем, а также способов их решения и предупреждения. Это – круг вопросов, например, отображающих потенциальные казусы, с которыми обучающимся придется столкнуться в процессе будущей профессиональной деятельности и личной жизни. Например, им необходимо глубоко понимать особенности сознания, самосознания, психологии: а) верующих в отличие от атеистов, а также специфику духовных миров представителей христианства, ислама, иудаизма; б) экстремистов и законопослушных граждан; в) женщин и мужчин; г) современной молодежи и лиц пожилого возраста; д) подчиненных и начальника; е) представителей традиционной культуры и контркультуры и др. Студентам целесообразно преимущественно знать, какой подход будет наиболее оправданным относительно лиц, обладающих различными темпераментами и характерами, акцентуациями характеров, моральными предпочтениями и эстетическими вкусами. Им ведь придется работать с разными людьми в ближайшем будущем.

Для того чтобы гуманитарное образование в техническом вузе было активным и эффективным, следует отрабатывать на практических занятиях в форме деловых игр казусы – почему и когда возникают межличностные противоречия и, в особенности, непримиримые антагонизмы? Почему и когда «вспыхивают» внутрисубъективные противоречия, которые могут привести субъекта переживаний к заболеваниям-инверсиям (термин З. Фрейда)? Как их следует предупреждать, «смягчать», снимать? Какие разработаны практики-технологии проведения психологической разгрузки?

Гуманитарное образование станет более эффективным также, если его осуществлять на соответствующем материале, например, используя выдержки из кинофильмов, отрабатывая задачи имитационными учебными играми и другими активными методами современной дидактики [1, 2].

В курсе философии целесообразно отвести значительно больше учебного времени анализу идей, относящихся к философской антропологии.

В заключение следует обратить внимание на два тезиса. Во-первых, на то, что современная молодежь остро чувствует расхождение между «чистой моралью» и жизнью. Это обусловлено рыночной организацией экономики. Поэтому целесообразно учить молодежь не столько «высокой морали», сколько технологиям «выживания» в рыночных условиях и правилам строительства карьеры по принципу оптимального сочетания противоположностей. В противном случае она стихийно будет учиться жить «по ту сторону морали» и уклоняться от гуманитарного воспитания.

Во-вторых, если система образования Республики Беларусь будет развиваться по самобытному пути, то для студентов технических вузов целесообразным было бы создание единого, интегрированного, гуманитарно ориентированного курса, в который вошел бы практически ориентированный материал из различных гуманитарных наук. Гуманитарное образование на сегодняшний день с неизбежностью должно быть практико-ориентированным процессом и комплексным феноменом. Поэтому именовать такую гуманитарную дисциплину оправданным было бы, например, так: «Праксеологическая антропология», или «Праксеологическое человековедение», или «Антропологическая праксеология». При таком именовании в эту дисциплину пришлось бы включать не столько общие теоретические аспекты, сколько жизненные, практически ориентированные, проблемные темы, методически и практически полезные для будущих инженеров-практиков, организаторов производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ачаповская, М. З.** Использование активных методов обучения для проведения практических занятий: методические рекомендации / М. З. Ачаповская. – Минск: Акад. при Президенте Респ. Беларусь, 2010. – 102 с.
2. Дидактика: учебно-методическое пособие / В. В. Буткевич [и др.]. – 2-е изд., стер. – Минск: БГПУ, 2005. – 91 с.

УДК 37.018
СОЦИАЛЬНО-ЛИЧНОСТНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА
УНИВЕРСИТЕТА: ПУТИ ФОРМИРОВАНИЯ

А. В. КАЗАНСКИЙ, Н. Е. КОРНЕЕВА, Т. В. ПРОТАСОВА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Целью образовательного процесса является формирование у выпускников университета следующих групп компетенций: академических, профессиональных и социально-личностных.

Академические и профессиональные компетенции обучающегося в должной мере формируются в рамках образовательного процесса во время изучения учебных дисциплин: лекций, практических, семинарских и лабораторных занятий, производственных практик.

В рамках учебного процесса и, в частности, изучения социально-гуманитарных дисциплин происходит частичное формирование следующих социально-личностных компетенций: обладание качествами гражданственности, способность к межличностным коммуникациям, умение работать в команде, владение навыками здоровьесбережения. Однако формирование этих компетенций во время учебного процесса происходит не в полной мере в силу объективных причин: учебный процесс не предусматривает широкое социальное взаимодействие, студенты недостаточно привлекаются к практической деятельности по реализации своих учебных проектов, коллектив обучающихся ограничен по возрасту, структурирована форма работы на занятиях, ограничены временные рамки занятий и т. д. В связи с этим качественное формирование социально-личностных компетенций обучающихся возможно только при условии, если образовательный процесс выходит за рамки студенческих аудиторных занятий и предполагает вовлечение обучающихся во внеучебную общественную, социально-проектную деятельность, одной из форм которой является волонтерская работа.

Волонтерский клуб университета «От сердца к сердцу» был создан в 2001 г. Члены клуба занимаются разработкой и внедрением социальных проектов, направленных на решение наиболее важных социально значимых проблем общества. Были разработаны и реализованы многочисленные проекты, такие как «Сохрани себя для жизни», «Доктор-Клоун», «Предотвратим торговлю людьми вместе», «Пишем жизнь яркими красками», «Книга Памяти», «Время выбрало нас» и др.

В процессе реализации данных проектов у обучающихся формируются следующие социально-личностные компетенции:

– через работу с ветеранами, инвалидами, детьми-сиротами, членами проектных групп развивается способность к социальному взаимодействию и межличностным коммуникациям;

– при реализации проектов волонтеры работают в условиях самоуправления, с минимальным вмешательством административного персонала, что развивает умение работать в команде;

– после реализации совместных проектов происходит обсуждение их результатов, степени достижения целей, решения поставленных задач, персонального вклада участников, что развивает способность к критике и самокритике;

– в ходе реализации проектов, связанных с ветеранами войны, увековечением памяти погибших, развиваются такие качества, как гражданственность и патриотизм;

– реализация проектов в области профилактики ВИЧ-инфекции, наркомании, курения и пьянства позволяет на практике овладеть навыками здоровьесбережения.

Участие в волонтерстве воздействует на развитие личности обучающегося, а именно на формирование нравственных качеств, которые признаются значимыми в социуме. В своей деятельности волонтеры в первую очередь приобщаются к духовно-нравственным ценностям, таким как «милосердие» (готовность помочь кому-нибудь или простить кого-нибудь из сострадания, человеколюбия).

Результаты проводимых в университете социологических исследований подтверждают необходимость развития социально-личностных компетенций: только 37,5 % выпускников отмечают, что получили навыки делового общения, 44 % обладают коммуникативными компетенциями, 49 % научились принимать решения. 75 % выпускников принимали участие в общественно-полезных акциях, что говорит об их определенной социальной активности, но лишь 21 % являлись членами различных студенческих объединений, т. е. 79 % – пассивные участники мероприятий или не участвовали в них вовсе. Поэтому говорить о должном развитии социально-личностных компетенций выпускников не приходится.

Рассматривая волонтерство как одно из возможных направлений развития социально-личностных компетенций, отметим, что как наиболее полезную форму работы волонтерскую деятельность определяет 32 % выпускников, однако принимает в ней активное участие только 2 % студентов, что свидетельствует об определенных резервах.

Осознавая высокий потенциал волонтерства в развитии социально-личностных компетенций, необходимость привлечения в ряды волонтеров максимального количества студентов, считаем, что нужно сосредоточить внимание на работе по следующим направлениям деятельности.

1. Информационное:

- выступления членов клуба перед студентами первого курса в рамках курса «Университетоведение»;
- проведение рекламных акций, распространение брошюр, буклетов и видеороликов;
- информирование общественности о мероприятиях клуба в многотиражной университетской газете, на сайте университета, в социальных сетях и др. средствах массовой информации;
- создание фото-, видеоархива о проводимых мероприятиях;
- пропаганда достижений активных членов клуба.

2. Организационное:

- анкетирование на выявление интересов вновь принятых членов клуба;
- обучение в Школе волонтеров;
- включение в деятельность клуба в рамках проведения акций и мероприятий (составление плана мероприятий и его согласование с другими субъектами, распределение обязанностей, планирование ресурсов, инструктаж по технике безопасности);
- проведение конкурса идей и проектов;
- поощрение членов клуба (экскурсионные поездки, бесплатные поездки по обмену волонтерским опытом, грамоты, памятные подарки);
- мероприятия на сплочение коллектива;
- проведение школ волонтерского актива, форумов, фестивалей с целью обмена опытом и популяризации волонтерской деятельности среди молодёжи.

3. Материально-техническое обеспечение деятельности:

- выделение помещения и его техническое оснащение;
- материалы и печатная продукция для реализации социально-проектной деятельности;
- транспортное обслуживание.

Системная работа по привлечению и организации деятельности студентов в волонтерском клубе позволят формировать у выпускников университета социально-личностные компетенции на более высоком уровне.

УДК 811:316.472.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСОВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ МАГИСТРАНТОВ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ

А. В. КАРПЕНКО

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В группах магистрантов перед студентами ставятся соответственно более сложные задачи по поиску в интернете материалов для аннотирования, реферирования, составления обзоров по современному состоянию их научной области, а также материалов для докладов на секции иностранных языков на студенческих научно-технических конференциях. Такие материалы магистранты даже используют в процессе написания своей магистерской диссертации, поскольку они представляют новейшие данные о работе зарубежных ученых.

Согласно требованиям учебной программы дисциплины «Иностранные языки» студенты изучают книги, статьи и монографии по специальности, составляют терминологические словари, обучаются реферированию текстов по специальности, что является подготовкой к кандидатскому экзамену.

К сожалению, библиотека университета и городские библиотеки не могут обеспечить магистрантов литературой, учитывая её узкую специализацию. Кроме того, необходимо учитывать тот факт, что в одной группе студентов-магистрантов темы очень разнообразны и специфичны, что обуславливает проведение индивидуальной работы с каждым студентом: ведётся постоянная работа по поиску материала из интернет-ресурса, проводится обучение студентов работе с первоисточниками.

Интернет-ресурсы служат неоспоримым подспорьем для подготовки студентов и магистрантов к студенческим научно-техническим конференциям. Для магистрантов СНТК являются своеобразным отчётом о проделанной работе и способствуют более интенсивной подготовке к кандидатскому экзамену. Без привлечения материалов из интернет-ресурсов считаю обучение профессиональному общению невыполнимым.

Необходимо адекватно оценивать интернет-источники, в соответствии с которыми обучаются магистранты профессиональному общению. Следует учитывать актуальность источника, нужно тщательно и вдумчиво выбирать материал из огромного множества информации, имеющейся в интернете, исходить из точного соответствия теме и методике исследования, а также объёму и уровню знаний магистранта по теме. Учитывается также происхождение, страна издания и место работы авторов статей и монографий, по возможности их известность и статус в мире науки.

О. Е. КОВАЛЕНКО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В основе прикладных наук лежат фундаментальные законы природы. Вследствие этого общепрофессиональные и специальные дисциплины выступают носителями фундаментальных знаний. Поэтому физика в техническом университете является основой, связующей ряд технических дисциплин.

При обучении физике в техническом вузе возникает ряд проблем учебно-методического характера. Организация учебного процесса обостряет эти проблемы, особенно с внедрением кредитной технологии обучения, переходом к новой системе высшего образования и массовым выпуском бакалавров. Уменьшение количества аудиторных академических часов на преподавание при сохранении объема дисциплины не позволяет полноценно использовать традиционные методы обучения. Методика обучения физике студентов технических вузов в условиях кредитной технологии обучения до сих пор четко не разработана.

При разработке методической системы необходимо учитывать особенности студентов, выбравших технические специальности, и специфику технического университета. При этом надо обращать внимание на формирование профессиональных и личностных компетенций согласно учебным программам и планам. Для решения проблем учебно-методического характера необходимо перестроить психологию студентов и исключить понятие о преподавателе как единственном источнике информации по данному предмету. Кроме этого, надо стереть границы между различными формами аудиторных занятий и выстроить цельный курс без дублирования информации. Использование новых информационных технологий при обучении позволит упростить решение данных задач. Прежде всего речь идет об электронных учебниках, дающих возможность представлять информацию в мультимедийном виде, проводить тестирование и виртуальные эксперименты. Для упрощения изучения отдельных теоретических вопросов материал можно представить в виде ряда элементарных задач, простое решение которых позволит вывести определенные закономерности и понять смысл отдельных физических явлений. При этом увеличивается вес самостоятельной работы студентов. При организации учебного процесса необходимо учитывать особенности студентов. Прежде всего их способности сенсорного манипулирования с техническими устройствами и получения и восприятия информации с нестандартных устройств.

УДК 378.146: 796.06
ЗНАЧЕНИЕ КОРПОРАТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ В СТАНОВЛЕНИИ
ЛИЧНОСТИ СТУДЕНТА-СПОРТСМЕНА ВУЗА
В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Е. А. КОПЫЛОВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Студенческий спорт является отличным средством для укрепления здоровья, упрочнения личностных и социальных ценностей, таких как ответственность, доверие, командная работа, уважение к правилам.

В престижных университетах мира корпоративный дух и корпоративное братство стали их неизменными атрибутами.

В студенческой жизни формируется корпоративная модель поведения, которая позволяет успешно учиться, развивает инициативу, поиск нестандартного выхода из ситуации, умение налаживать контакты. Консолидирует и сплачивает студентов-спортсменов для достижения максимального результата, создавая благоприятный психологический климат, «team spirit» (командный дух), который помогает ориентироваться не только на личные достижения, но и на успех всей команды.

Такие нравственные качества, как доброжелательность, преданность, порядочность, честность, открытость, способность воспринимать критику, являются базисом корпоративной культуры поведения.

Наряду с качеством предоставляемых образовательных услуг, бытовыми условиями, безопасностью пребывания, развитая материальная база и инфраструктура для занятия спортом, сформировавшаяся корпоративная культура определяют выбор вуза абитуриентами. Эти условия формируют конкурентоспособность, престиж и традиции вуза.

Корпоративная культура влияет на повышение профессиональной компетентности, вселяет уверенность, гордость за свою спортивную команду, университет. Помогает студентам состояться как личность в современных условиях жизни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кутепов, М. М.** Корпоративная культура студенческого спорта / М. М. Кутепов, Л. И. Кутепова, О. А. Никишина // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 1. – С. 129–132.
2. **Чистюхина, Ю. С.** Корпоративная среда как условие формирования корпоративной культуры вуза / Ю. С. Чистюхина // Молодой ученый. – 2011. – Т. 2, № 11 (34). – С. 193–197.

О. П. КОРОЛЮН

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Современная эпоха, определяемая как эпоха постмодернизма, выделяется целым рядом уникальных и противоречивых особенностей. Отсутствие четких канонов, размытость идеалов, возможность вариантов интерпретаций и многое другое необычайно усложняют процесс социализации современной молодежи и процесс формирования личностной и социальной идентичности. Как заметил известный итальянский ученый и философ Умберто Эко: «Постмодернизм – не фиксированное хронологическое явление, а некое духовное состояние, новый способ увидеть и запечатлеть не только мир, но и самого человека» [1]. Поиски своей идентичности становятся центральной проблемой современного молодого человека. Многие исследователи называют современное общество *identity play society* – «общество игры с идентичностью».

Игроизация – процесс проникновения элементов игры в самые разные культурные и социальные практики. Игроизированный стиль жизни является естественным составляющим современной действительности. В настоящее, очень быстро меняющееся время сложно ориентироваться строго на результат. Процесс игры, который позволяет свободу маневра, возможность примерить разные роли и образы, разные социальные сценарии, становится главным для постмодернистской эпохи. З. Бауман заметил: «... вместо того, чтобы конструировать собственную идентичность последовательно, как делается при постройке дома, – неспешно выстраивая потолки, полы, комнаты, коридоры, – человек стремится через ряд «новых начинаний» экспериментировать с мгновенно собираемыми и легко разбираемыми формами, нанося один слой краски на другой» [2, с. 78]. Тем более, что возможности информационного общества необычайно расширяют спектры экспериментов со своей идентичностью благодаря использованию современных информационных технологий. Социальная и художественная имитация в виде виртуализации позволяет более глубоко погружаться в разные практики подражания. Псевдообразы, примеряемые во время игры, дают обманчивые ощущения самоопределения. Эти примеряемые образы позволяют на некоторое время почувствовать себя более уверенно в непредсказуемой действительности и уйти от постоянных фрустраций,

которые преследуют современного молодого человека. К игроизированному стилю жизни современную молодежь подталкивают серьезные жизненные задачи, которые необходимо решать в будущем. Часто именно страх перед перспективой необходимости их решения делает столь многочисленными ролевые сообщества, многомиллионными участники компьютерных онлайн-игр, интернет-форумов, квестов и пр.

Как известно, спрос порождает предложения. Современная индустрия и рынок активно отвечают на запросы молодого поколения в необходимости реализации игровых экспериментов со своей идентичностью в виде разных цифровых, развлекательных услуг. Рядовые студенты часто в личных, доверительных беседах признаются, что «в душе» чувствуют себя «бунтарями», «супер-героями», «классными» и «крутыми» и реализовать себя в этих ощущениях позволяют им именно виртуальные игры. Они выбирают игру как тактику, пусть временную, ухода от реальности. Игра становится заменителем, суррогатом реальности.

По результатам опроса, который был проведен среди студентов 2 и 3 курсов Белорусско-Российского университета (специальности технического профиля), были выявлены следующие результаты. Чуть менее 1 % опрошенных студентов не играют в компьютерные игры, не посещают квесты и пр., обосновывая это острой нехваткой времени и поясняя, что предпочитают непосредственное, живое общение с друзьями. Зато более 99 % опрошенных студентов ответили, что не представляют свою жизнь без виртуальных игр, так как это является для них основным видом интересного проведения свободного времени (уход от скуки и обыденности), перспективой заработка и формой общения с другими людьми.

Таким образом, игроизация уже стала неотъемлемой частью жизни современной студенческой молодежи как неизбежная специфика постмодернистской действительности. В таких условиях важно выделить значимые акценты и определить положительные и отрицательные стороны этого явления для молодого поколения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **У. Эко.** Имя розы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://libking.ru/books/prose-/prose-history/75389-umberto-eco-imya-rozy.html>. – Дата доступа: 01.02.2019.
2. **Бауман, З.** Индивидуализированное общество / З. Бауман. – Санкт-Петербург: Питер, 2003. – 82 с.

УДК 378
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ СТАНДАРТЫ ПО ГУМАНИТАРНЫМ
ДИСЦИПЛИНАМ И КАЧЕСТВО УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА В ВУЗЕ

Ю. Н. ЛОПАЦКИЙ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В общепринятом понимании термин «стандарт» означает определенный образец, совокупность параметров и норм. Применительно к системе образования это понятие отражает количественные и качественные характеристики государственных требований к учебному и воспитательному процессу, его состоянию и перспективам развития, указывает на создание необходимых условий для становления личности, соответствующей требованиям определенного этапа общественного развития. Разработка и применение стандартов на практике всегда востребованы. В особенности это важно для стран, переходящих к другой социально-экономической и политической модели, так как в период трансформационного развития общества происходят качественные изменения во всех сферах.

В БССР, как и в других союзных республиках до обретения ими независимости, в системе высшего образования не существовало понятия «образовательный стандарт». Преподавание общественных дисциплин определялось учебными программами. В них отражалось содержание, структура и количество часов, отводимых на каждый предмет. Такой подход был определен сложившимися традициями в советской системе образования, доминированием идеологической составляющей и необходимостью передачи от преподавателя к студенту так называемых «правильных знаний».

В связи с распадом СССР, обретением республикой суверенитета, начались изменения во всех сферах общественной жизни. Это в значительной степени детерминировало реформирование сложившейся системы образования. Первым правовым актом, определившим основные направления развития высшей школы, стал Закон Республики Беларусь «Об образовании», принятый 29 октября 1991 г. В 1992 г. Министерство образования Республики Беларусь инициировало разработку Концепции гуманитаризации высшего образования, в которой нашли отражение состояние, цели и задачи гуманитарной подготовки студентов. Началась подготовка стандартов первого поколения, которые введены в действие в вузах Республики Беларусь с 1 сентября 1999 г. На гуманитарные и социально-экономические дисциплины отводилось от 25 до 35 % по отношению к трем основным обязательным учебным блокам. Это составляло 1038 аудиторных и 340 часов самостоятельной работы. Такое процентное

соотношение свидетельствовало об относительном равновесии между этими блоками и о создании широких возможностей для гуманитаризации образования.

На развитие позитивных тенденций в системе гуманитарной подготовки студентов ориентируют и стандарты второго поколения, которые начали внедряться в высших учебных заведениях с 2008–2009 учебного года. Они предусматривали переход от сциентистских методов преподавания к активной образовательной деятельности студентов. Известно, что образовательные стандарты первого поколения нацеливали преподавателей на изложение значительного по объему материала, а студентов – на запоминание фактов, событий, категорий, содержания учебного материала в целом.

В новых стандартах по социально-гуманитарным дисциплинам содержатся требования к знаниям и умениям выпускника высшей школы. Высшее образование нацелено на формирование ряда компетенций, которые студенты должны приобрести в процессе обучения. По каждому учебному курсу определено, что студент должен знать, уметь характеризовать, уметь анализировать, какие навыки должны быть сформированы и какие качества должен приобрести. Акцент смещается на формирование у студентов таких качеств, как способность самостоятельно рассуждать, постоянно учиться и получать новые знания, а также уметь применять их на практике.

В целях совершенствования преподавания гуманитарных дисциплин Министерство образования Республики Беларусь в марте 2012 г. принимает Концепцию оптимизации социально-гуманитарных дисциплин в учреждениях высшего образования. В соответствии с этим образовательным стандартом объем цикла социально-гуманитарных дисциплин определен в размере 14...16 % от общего количества аудиторных часов. Удельный вес объема часов, отводимых на самостоятельную работу студентов, по большинству дисциплин составляет около 30 %. В соответствии с данной Концепцией введена модульная система обучения, которая предполагала изучение учебного материала по обязательному принципу или по выбору студентов на основе блочно-модульного его представления.

Решение стоящих перед высшей школой задач, успешная реализация Концепции оптимизации социально-гуманитарных дисциплин зависят от многих факторов объективного и субъективного порядка. В первую очередь должны изменяться образовательные технологии. Целью учебного процесса становится привитие студентам навыков соучастия в получении и применении знаний, развитие способностей к непрерывному образованию. Необходимо так организовать учебный процесс, чтобы у молодежи формировалась потребность творчески работать с информацией. В профессиональной деятельности это позволит успешно освоить без дополнительного повышения квалификации и соответствующих затрат новые специализации и быстро адаптироваться к меняющимся технологическим и социально-политическим процессам.

УДК 378.147
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРЕПОДАВАНИЯ СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫХ
ДИСЦИПЛИН В ВУЗЕ В УСЛОВИЯХ ВЫСТРАИВАНИЯ
ИТ-ОБЩЕСТВА

С. Е. МАКАРОВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Под воздействием стремительно развивающейся науки идет переход от парадигмы овладения знаниями к парадигме, нацеленной на понимание, порождение нового знания, укорененного в самом образе человека [1, 2]. При переходе от индустриальной эпохи к информационной цивилизации завершается период массового образования, массовой культуры, для которых главными были стандартизация, взаимозаменяемость. В современном белорусском обществе поставлена задача создания «цифровой экономики», «ИТ-общества». Идет процесс объединения физиков и лириков. Совместная работа по формированию платформы гуманитарно-технологической революции ведется между Институтом прикладной математики имени М. В. Келдыша РАН и Институтом философии НАН Беларуси. Проект направлен на разработку модели цифрового общества в рамках Союзного государства Беларуси и России. Фундаментом для гуманитарно-технологического рывка является образование [3]. Цель образования в нынешнюю эпоху – обучить будущих специалистов осваивать большие потоки информации, мотивировать к постоянному обновлению знаний, умений и навыков. Важнейшей составляющей частью образовательного процесса в высшей школе являются социально-гуманитарные дисциплины. Именно им принадлежит ведущая роль в формировании у будущих специалистов социально-личностных компетенций, основанных на гуманитарных знаниях, эмоционально-ценностном и социально-творческом опыте [4, 5].

В настоящее время в Республике Беларусь разработана новая модель цикла социально-гуманитарных дисциплин в вузах. Упор сделан на формирование научного мировоззрения, гражданских и патриотических позиций будущих специалистов, активной жизненной позиции, социальной и профессиональной ответственности. Соответственно, претерпевают изменения подходы в вопросе формирования компетенций. Наиболее востребованными являются такие компетенции, как обладание критическим мышлением, амбициозностью, наличием навыков взаимодействия, коммуникабельности, готовности к самообразованию [6].

При выборе педагогической технологии следует учитывать, что в условиях информационного общества формируется молодое поколение с «клиповым мышлением», для которого характерны такие установки, как доступность, интерактивность, привлекательность информации, скорость и передача ее, понимание реальности по аналогии с программным обеспечением. Инновационность современной методологии обучения проявляется в построении образовательного процесса как субъектно-субъектного взаимодействия. Современный студент на сегодняшний день нуждается в психолого-педагогическом сопровождении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Контексты межкультурного взаимодействия в высшей школе / Ж. В. Пузанова, Н. П. Нарбут, Т. И. Ларина, Л. Н. Антонова // Полис. Политические исследования. – 2018. – № 4. – С. 143–155.
2. **Бабосов, Е. М.** Выстраиваем IT-страну / Е. М. Бабосов // Беларуская думка. – 2019. – № 1. – С. 30–36.
3. **Колесников, А. В.** Идеи гуманитарно-технологической революции / А. В. Колесников, Г. Г. Малинецкий // Беларуская думка. – 2019. – № 1. – С. 59–65.
4. **Марзалюк, И. А.** Как построить цитадель правды / И. А. Марзалюк // БС Беларусь сегодня. – 2018. – 20 нояб. – С. 3.
5. **Титович, И. В.** Реализация компетентностного подхода в системе высшего образования Республики Беларусь / И. В. Титович // Выш. шк. – 2017. – № 3. – С. 3–5.
6. **Лисовская, Т. В.** Современное образовательное пространство: тенденции развития / Т. В. Лисовская, Г. В. Писарчук // Качество подготовки специалистов в техническом университете: проблемы, перспективы, инновационные подходы: материалы IV Междунар. науч.-метод. конф., Могилев, 15–16 нояб. 2018 г. / Могилев. гос. ун-т продовольствия»; редкол.: А. С. Носиков (отв. ред.) [и др.]. – Могилев, 2018. – С. 292–294.

УДК 811.161.1

МОДУЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА В ПРЕПОДАВАНИИ РУССКОГО ЯЗЫКА КАК ИНОСТРАННОГО

В. В. ПАНЕЖА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Одной из целей обучения иностранных студентов является формирование и дальнейшее развитие речевых навыков и умений по четырем видам речевой деятельности: чтению, аудированию, говорению и письму. В процессе изучения русского языка студент должен овладеть знаниями и умениями, которые необходимы в учебном процессе и будут использованы в дальнейшей профессиональной деятельности. Планирование практического занятия по дисциплине «Русский язык как иностранный» базируется на принципе нелинейности, согласно которому в структуре занятия могут вариативно сочетаться несколько видов учебной деятельности, а именно: работа с лексико-грамматическим материалом, чтение, аудирование, говорение, письмо, элементы перевода (с родного языка на русский), и, соответственно, использоваться различные формы проведения занятий. Уровень владения русским языком у иностранных студентов разный. Возникает вопрос: как оценивать работу студента в течение семестра? Система контроля знаний, которая существует в вузах в настоящее время, вступает в противоречие с современными требованиями в процессе подготовки квалифицированных специалистов. В чем ее недостаток? Во-первых, существующая система не способствует плодотворной самостоятельной работе студентов. Во-вторых, она практически уравнивает студентов. Формально одинаково успевают студенты, сдавшие все контрольные задания досрочно, и те, кто сдал задания в зачетную неделю. В-третьих, оценка, которую получает студент на экзамене, в определенной степени зависит от ряда случайных факторов: психологического состояния студента, выбора билета и т. д. В результате у большинства студентов отсутствует интерес в овладении знаниями, т. к. нет четкой дифференциации в оценке знаний и умений обучаемых.

При изучении дисциплины «Русский язык как иностранный» используется модульно-рейтинговая система оценки знаний, которая действует в Белорусско-Российском университете на протяжении ряда лет. Она включает два модуля в каждом семестре, практически одинаково равных по количеству часов. В отличие от традиционного способа оценивания, модульно-рейтинговая система оценки знаний студентов предполагает последовательное суммирование оценок студента по данной

дисциплине в течение семестра. Рейтинговая оценка складывается из оценок всех без исключения видов работы: подготовка рефератов, презентаций, выполнение самостоятельных, контрольных работ, индивидуальных заданий, ответы на практических занятиях и др. Оценка успеваемости студентов в рамках модульно-рейтинговой системы осуществляется в ходе текущего, рубежного и промежуточного контроля. Она предполагает как письменные, так и устные ответы; групповые и индивидуальные формы работы. Текущий контроль проводится на отдельных занятиях в устной или письменной форме и имеет целью проверить уровень владения определенным объемом изученного языкового материала или степень сформированности коммуникативной компетенции. Осуществляется в форме устного опроса, контрольных работ. Промежуточный контроль проводится два раза в семестр. Цель контроля – проверить уровень сформированности коммуникативной компетенции на базе изученного материала.

Модульно-рейтинговая система особенно стимулирует работу слабоуспевающих студентов, у которых уровень владения русским языком достаточно низкий. В течение семестра студент имеет возможность постепенно набирать баллы, выполняя индивидуальные задания. Положительной стороной модульно-рейтинговой системы является и тот факт, что, не набрав необходимое количество баллов в первом модуле, студент может добрать эти баллы во втором модуле.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод: рейтинговая система направлена на решение следующих основных задач:

- а) повышение мотивации студентов к активной и равномерной учебной работе в течение всего семестра;
- б) совершенствование планирования и организации образовательного процесса посредством увеличения роли индивидуальных форм работы со студентами;
- в) упорядочение системы контроля знаний, умений и навыков студентов;
- г) выработка единых требований к оценке знаний;
- в) дифференцированный подход в оценке знаний, умений и навыков студентов.

В целом, система рассчитана на активную учебную работу студентов в течение всего семестра, устранение причин конфликтов по вопросу оценки знаний на экзамене или зачете, активно влияет на качество подготовки студента, мотивирует его в получении необходимых знаний, умений и навыков.

УДК 371.4
ПАТРИОТИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЁЖИ

В. Д. ПОДОШЕВКО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Патриотическое воспитание студенческой молодёжи в современных условиях приобретает особую актуальность. Возникает необходимость совершенствовать те традиции, которые проверены в мирное время и в годы войны, чтобы достойно отвечать на вызов истории. Имеющие место нарастания миграционных процессов приводят иногда к конфликту культуры, традиций и ценностей, нарушают преемственность в культурном развитии белорусского общества. Республика Беларусь считает патриотическое воспитание молодёжи одним из важных приоритетных направлений развития всего воспитательного процесса в семье, школе, обществе в целом.

В этой связи определены основные направления развития воспитания населения. Акцентируется внимание на патриотическом воспитании молодёжи; формировании здорового образа жизни студентов, приобщении их к массовым занятиям физической культурой и спортом; работе с семьёй, социальной защите детства; подготовке молодёжи к семейной жизни, профилактике социального сиротства; профилактике противоправного поведения студентов; взаимодействии с социально-педагогической и социально-психологической службами в воспитательном процессе. Педагоги помогают студентам адаптироваться к условиям вузовской жизни, решению социально-бытовых проблем и досуга, развитию студенческого самоуправления.

Определённая работа в данном направлении проводится в вузах Республики Беларусь, в том числе и в Белорусско-Российском университете, в котором по состоянию на 1.01.2019 г. работает 999 сотрудников, в том числе 405 преподавателей, включая 157 кандидатов, доцентов, 21 доктора, профессора. В вузе на дневном отделении обучается по белорусскому бюджету 1997 студентов и 425 – по российскому. На заочном отделении обучается 2564 студента. Иностранцев студентов на дневном отделении – 206, на заочном – 76. За время существования вуза красные дипломы «отличников» получили 1798 человек, в том числе 128 студентов, обучающихся по российскому бюджету. Имеющийся творческий потенциал Белорусско-Российского университета широко используется в учебной, научной и воспитательной работе, проводимой в вузе и за его пределами. Значительное внимание уделяется патриотическому воспитанию молодёжи.

Основными направлениями такого воспитания являются: встречи

молодёжи с ветеранами войны и труда, с бывшими малолетними узниками фашистских концлагерей; проведение и участие в фестивалях «Студенческая весна», «Зямля пад белымі крыламі»; посещение музеев, подшефной воинской части; проведение информационных часов в студенческих аудиториях и общежитиях о важнейших событиях области, района, города.

В университете на информационных часах, на поточных конференциях, во время учебных занятий, лекций и семинаров преподаватели рассказывают о том, какой ценой досталась стране Победа над немецко-фашистским захватчиками в годы Великой Отечественной войны (1941–1945 гг.).

В нынешнем году исполняется 75 лет со времени освобождения Беларуси от фашистского ига. В июне 1944 г. войска трёх Белорусских и 1-го Прибалтийского фронтов завершили подготовку к наступательной операции «Багратион». 23 июня 1944 г. войска 2-го Белорусского фронта генерал-полковника Г. Ф. Захарова перешли в наступление. 29 июня силами 49-й и 50-й армий под командованием генералов Н. Т. Гришина и И. Е. Болдина Могилев был освобождён. В страшном 1941 г. родной Могилев держался 23 дня. Фашисты же здесь сложили оружие менее чем за сутки. В плен попал и бывший комендант Могилевского укрепрайона генерал фон Эрдманнсдорф, который подписал в штабе группы армий «Центр» клятву: «Обязуюсь удерживать укреплённый район города Могилева до последнего солдата, даже в условиях окружения».

Беларусы не должны забывать, какой ценой досталась эта Победа. Об этом много написано, много слов сказано. Однако горе людское незабываемо.

Таким образом, в современных условиях модернизации общества возникает необходимость его преобразования, определения новых приоритетов в воспитании студенческой молодёжи, планирования, развития системы базовых духовно-нравственных ценностей, культуры межнационального общения. В патриотическом воспитании огромный потенциал имеет социокультурная деятельность высших учебных заведений. Проводимая в вузах Республики Беларусь работа по патриотическому воспитанию молодёжи, способствует формированию гармонически развитой личности, сочетающей в себе патриотизм, гуманизм, социальный оптимизм, любовь к своей Родине и своему народу.

УДК 62
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС И ПРОЦЕСС СОЦИАЛЬНОГО
РАЗВИТИЯ В НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УКЛАДАХ

Д. М. ПОПЕЛЫШКО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Научно-технический прогресс и процесс социально-общественного развития всегда были неразрывно связаны друг с другом. Однако очень часто такая связь понимается слишком упрощенно: научно-технический прогресс непосредственно предопределяет социальное развитие в целом. Между тем «НТП оказывает сложное и противоречивое влияние на глобальные процессы в современных условиях. С одной стороны, НТР и НТП прямо связаны с социально-экономическим прогрессом ... С другой стороны, нарастают и углубляются противоречия, в том числе экономические». Тем более заметны такие противоречия становятся при переходе к новому технологическому укладу в современном мире.

Постараемся кратко сопоставить характер взаимодействия технического и научного развития с общественным в сравнении с предыдущим периодом. Предыдущий уклад, согласно концепции М. А. Паршина названный четвертым, в своей основе опирающийся на углеводороды, двигатели внутреннего сгорания и т. д., так же как и предшествующий третий, действительно требовал серьезнейших изменений в социальной структуре в процессе своего становления. Это было предопределено следующими причинами:

- необходимостью добиться становления самодостаточной модели социально-экономического устройства общества в силу постоянно растущих противоречий в разделенном на колониальные империи или сферы влияния сверхдержав мире;

- необходимостью полного производственного цикла от разведки и добычи природного ресурса до, в идеале, утилизации возникших отходов, что требовало весьма разветвленной структуры промышленности по фактически всем отраслям экономики отдельно взятой страны;

- необходимостью подготовки кадров, причем опять же начиная с вопросов фундаментальных исследований в той или иной области, что требовало, в свою очередь, не только развитой системы образования, но и изменения в социальном устройстве общества, например, отказ от сословного принципа, снятие дискриминационных барьеров и т. д. Не следует забывать и о быстром переходе к массовому производству, которое требовало иного уровня мобилизации общественных ресурсов;

- низким уровнем международного перемещения рабочей силы, поддержание техники требовало собственных подготовленных специа-

листов, сервисное обслуживание было «включено» в процесс производства и совершенствования техники; низким уровнем сервисных услуг.

Можно сделать вывод, что для реализации требуются фундаментальные изменения в социальной сфере, начиная от образования и заканчивая вопросами политического устройства.

При переходе к новому технологическому укладу процесс взаимодействия НТП и социальной системы общества несколько изменился. Вместо полного формируется «разомкнутый», неполный производственный цикл, когда какая-либо страна отвечает только за отдельные отрасли и этапы процесса производства, не обладая всей технологической цепочкой. Как примеры – «сборочный цех» (РБ в рамках СССР, Япония и т. д.). Международная кооперация процесса производства позволяет эффективнее решать технологические и технические проблемы, не вытраивая собственную систему.

Развитая система миграции рабочей силы, привлекаемой на всех стадиях производственного процесса, развитые сервисные услуги пакетного типа с готовыми моделями, технологическими, управленческими и кадровыми решениями позволяют отказаться от необходимости готовить своих специалистов по всей совокупности задач, более того, нет необходимости готовить специалистов, обеспечивающих самостоятельность совершенствования научной и технической сферы. «Дороговизна» базовых и фундаментальных научных исследований, отставание от ведущих центров в рамках наиболее значимых исследований создают возможность «пользовательского» подхода в рамках предоставляемых технологических систем; главная задача – освоить предоставленную модель, систему или алгоритм, не создавая, а адаптируя их к отдельным специфическим условиям.

Возникшая с конца прошлого века концентрация наукоемких производств и фундаментальных исследований в мировых центрах (в первую очередь странах Запада, к которым стремительно приближаются КНР и Индия) сталкивается с процессами деконцентрации, когда, используя информационную открытость, не только «крупные» субъекты, но относительно небольшие структуры способны добиться значимых результатов в технологическом прогрессе, не требуя сверхмобилизации общественных ресурсов.

В итоге можно предположить, что в современном мире нет такой жесткой детерминации между НТП и социальным развитием, возможны и варианты консервации устаревших исторических моделей общественного устройства при соблюдении условия «вписывания» в уже сложившуюся систему.

УДК 62

ТЕХНИЧЕСКИЕ РИСКИ В СВЕТЕ СОЦИАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ ИНТЕГРАЦИИ НА ПОСТСОВЕТСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Д. М. ПОПЕЛЫШКО

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Технический риск – это угроза отказов оборудования, снижения технической надежности электро- и теплоснабжения и перерывов в подаче энергии потребителям. Как отмечает в начале своей статьи, посвященной анализу технологических рисков, «Риск и безопасность в технике» С. Хансон: «Риск повсеместно сопровождает технику, а безопасность была центральным понятием инженерии с самого момента появления инженеров».

Следует выделить два этапа в процессе развития ситуации в сфере технических рисков в последние десятилетия на постсоветском пространстве.

Первый этап был связан с процессом распада СССР. Распад политических, экономических, социокультурных структур и стабильной системы межнациональных отношений создал на постсоветском пространстве совершенно новую, в истории никогда не возникавшую систему технологических опасностей. Распад техносферы СССР, которая создавалась как единое целое (отсутствие системной целостности дестабилизирует состояние каждого элемента).

Разрушение социальной и культурной среды, в которой только и может безопасно функционировать любая технология (мотивы и стимулы к ответственному труду, дисциплина, традиции и культура труда, правовые и этические нормы, психологическая уравновешенность и т. д.), вызвало необходимость срочной реализации политических решений при отсутствии для этого адекватной технологической базы и, соответственно, повысило риски технологического характера.

Паралич отраслевой научной системы, которая ранее гарантировала хотя бы минимальное научное обеспечение для безопасного функционирования техносферы.

Второй этап связан с активизировавшимися с конца 90-х гг. процессами интеграции.

Частично сохранившиеся после распада СССР технологические системы и линии производства так или иначе наиболее успешно обеспечивают безопасность и спокойствие в случае объединения в единую систему техносферы в рамках постсоветского пространства. Хотя возникшая за годы, прошедшие со времени распада СССР, диспропорция в технологических процессах является свершившимся фактом, тем не менее в

основных признаках это единство продолжает сохраняться и обеспечивается достаточно надежной инфраструктурой, которая требует реконструкции и модернизации, но в целом достаточно функциональна. В то же время увеличивается возможность скрытых рисков, вызванных указанной диспропорцией.

Процессы глобализации, идущие в мире, в том числе и в сфере техники, обеспечивают объективность процессов интеграции и на постсоветском пространстве, с одной стороны, а с другой, вызывают проблему совместимости технических и технологических схем изначально конкурирующих моделей организации общества, что повышает факторы технических рисков и ставит проблему выбора между наиболее приемлемыми путями развития в области технического. Разнообразие технических подходов, в том числе принципиально противоречивых, создает уникальную по своей потенциальной сложности ситуацию, требующую особого внимания к проблеме риска. Кризисные явления в отношениях между странами Запада и РФ в период начиная с 2008 г., достигшие кульминации в 2014–2018 гг., выявили еще одну сторону технологических рисков, связанных с процессом интеграции. Широкое привлечение зарубежных технологий в техносферу стран СНГ привело к возникновению определенной научной и технологической зависимости этих стран от иностранных научно-технических центров, обеспечивающих развитие.

Спад в сфере научных исследований, который был характерен для периода 90-х гг., хотя и не был преодолен, все же в какой-то мере остановлен, наблюдается определенная активизация. Научно-техническая модернизация, объявленная рядом стран постсоветского пространства, с одной стороны, снижает фактор риска, с другой – возможно возникновение новых проблем и ситуаций, с которыми до сих пор не сталкивались.

Не следует забывать о социальной, культурной, ценностной составляющей технорисков, проявившейся в переходную эпоху и сохраняющей свое значение до настоящего момента. Речь идет об изменении статусности и престижа ряда профессий, условно называемых рабочими профессиями. Снижение качества непосредственного исполнения принятых технологических решений приводит к сбоям даже в такой элитарной отрасли, как космическая.

Все вышеназванные факторы делают проблему технологических рисков крайне важной в процессе реальной интеграции на постсоветском пространстве.

УДК 796.81:378

АКТУАЛЬНОСТЬ ЗАНЯТИЙ АРМРЕСТЛИНГОМ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

В. С. ПОПРОЦКИЙ, М. Л. БУДАЕВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Подготовка спортсмена складывается из физической, технической, тактической, психологической и теоретической подготовки.

Раньше высокие спортивные результаты получали в основном физически одаренные спортсмены. Многолетние исследования и спортивная практика показывают, что прогресс в современном спорте, достижение высоких спортивных результатов осуществимы только при всестороннем развитии физических, интеллектуальных и духовных способностей спортсменов. При этом замечено, что чем выше интеллектуальное развитие спортсменов, тем шире и качественнее становится круг освоенных ими двигательных навыков и в более короткие сроки достигаются высокие спортивные результаты. Студенты, занимающиеся армрестлингом, быстро адаптируются и осмысленно относятся к тренировочному процессу, у них относительно легко формируются навыки аналитической работы и стимулируется самостоятельный творческий подход к достижению высоких спортивных результатов, а также более ярко проявляются волевые качества – целеустремленность, управление эмоциональным состоянием, выдержка, самообладание, настойчивость, упорство.

В практике ведения учебно-тренировочных занятий используются различные формы взаимодействия преподавателя и студентов. Наиболее прогрессивным является индивидуальный метод ведения занятий.

Если на занятиях по общей физической подготовке действует правило «делай как я», то в учебно-тренировочных группах решающим является умственная и методическая деятельность преподавателя и студента, умение правильно оценить подготовку спортсмена и оптимизировать расчеты по подготовке к соревнованиям. Одной из рациональных форм взаимодействия между преподавателем и студентами является работа по индивидуальным тренировочным планам. Это позволяет учитывать индивидуальные физические, психологические и другие особенности каждого спортсмена, индивидуально подходить к планированию тренировок в подготовительном, соревновательном и переходном периодах, точно находить слабое звено в тренировочном процессе и планомерно воздействовать на него, осуществлять перспективное планирование тренировок.

В конце недели, месяца и года студент проводит статистическую обработку требуемых показателей. Преподаватель совместно со студентом анализирует записи каждого тренировочного цикла, проводит необходимую

корректировку в тренировочный процесс и подготовку к соревнованиям, находит закономерности в увеличении силы различных групп мышц, способствующих достижению высоких спортивных результатов в армрестлинге. Полученные навыки аналитической работы студенты успешно переносят и на свою учебу. Подготовленные в университете спортсмены-армрестлеры первого спортивного разряда и кандидаты в мастера спорта, несмотря на 3–5-дневные индивидуальные тренировочные планы в неделю, имеют отличные и хорошие оценки по всем учебным дисциплинам. Ключевая особенность армрестлинга, отличающая его от других видов спорта, заключается в специфическом воздействии на организм занимающегося специальными упражнениями.

Одним из основных направлений в процессе спортивного совершенствования по армрестлингу является развитие мышц плеча, кисти и предплечья, которых в человеческом организме около 40 в каждой руке, что в свою очередь положительно влияет на интеллектуальное развитие человека. Этот процесс напрямую связан с работой мышц рук спортсменов-армрестлеров, начиная от повседневно выполняемых движений до сложных технических приемов, применяемых в тренировке и процессе борьбы. Развитие мышц плеча, предплечья, кисти стимулирует развитие нервно-мышечных связей и активность центральной и периферической нервной системы, что в сочетании с общими для всех видов спорта характеристиками дает положительные результаты не только в спортивной деятельности, но и благоприятно переносится на учебный процесс по всем дисциплинам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Усанов, Е. И.** Армрестлинг – борьба на руках: учебное пособие / Е. И. Усанов, Л. В. Чугина. – Москва: РУДН, 2006. – 298 с.: ил.
2. **Будаев, М. Л.** Динамика физической подготовленности студентов Белорусско-Российского университета, занимающихся армрестлингом / М. Л. Будаев, Д. Н. Самуйлов, В. С. Попроцкий // Научно-методическое обеспечение физического воспитания и спортивной подготовки студентов вузов: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 1–2 нояб. 2018 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: В. А. Коледа (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – С. 77–80.
3. **Попроцкий, В. С.** Особенности специальной физической подготовки толкателей ядра высокой квалификации / В. С. Попроцкий, В. А. Воронцов // Мир спорта. – 2018. – № 2 (71). – С. 42–45.

О. М. ПУСКОВ, В. М. ПУСКОВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В настоящее время, когда информационные технологии стремительно внедряются во все аспекты производственной деятельности, социальной и культурной сферы, разные слои общества имеют различную степень подготовки, обладают навыками различного уровня в области информатики и вычислительной техники.

Зачастую уровень подготовки в сфере информационных технологий находится на низком, можно сказать «нулевом» уровне. В меньшей степени это касается школьников и студентов, т. к. и школьная программа, и учебные планы профессионально-технического, среднего специального и высшего образования включают ряд дисциплин, в той или иной степени связанных с информационными технологиями.

Что же касается взрослых, получивших образование и приступивших к трудовой деятельности 10 и более лет назад, то уровень их знаний и навыков в сфере информационных технологий в большей степени зависит от вида их профессиональной деятельности и исполняемых ими служебных обязанностей. Если работник долгое время исполнял трудовые обязанности на рабочем месте, не оборудованном средствами вычислительной техники, то при изменении ситуации возникает проблема обучения информатике взрослого человека. Далее перечислены особенности, которые необходимо учитывать при практической организации процесса обучения данной категории обучающихся основам информатики и вычислительной техники [1]:

- взрослому обучающемуся принадлежит ведущая роль в процессе своего обучения, т. е. успех обучения определяется желанием учиться, заинтересованностью обучаемого, т.к. на учебу взрослых, как правило, не оказывает никакого мотивирующего влияния традиционная форма контроля и оценки знаний;

- учеба взрослых основывается на решении проблем, т. е. они будут изучать только то, что им необходимо;

- актуальными проблемами для взрослых являются главным образом те, которые реальны сегодня или в близком будущем;

- обучающийся рассчитывает на безотлагательное применение приобретенных в ходе обучения умений, навыков, знаний и качеств;

– взрослый обучающийся обладает жизненным (бытовым, социальным, профессиональным) опытом, который может быть использован в качестве важного источника обучения.

В соответствии с вышеизложенными особенностями можно предложить ряд рекомендаций, направленных на повышение качества обучения взрослых информатике:

– мотивация обучаемого (мотивирование со стороны руководства либо самомотивация), его заинтересованность в успехе обучения должны закладываться до начала обучения. Однако не исключаются побуждающие мотивы, которые могут возникать за счет педагогического мастерства преподавателя, формируя интерес к данному предмету, теме, вопросу;

– программа обучения должна содержать как можно меньше лекционных занятий, количество общих теоретических сведений должно быть сведено к минимуму. Например, при обучении работе с программным комплексом «1С: Предприятие» нет ни малейшей необходимости изучать историю развития вычислительной техники, виды операционных систем или принципы хранения информации;

– необходимо предусмотреть некоторую гибкость программы обучения. Если обучаемый или при групповом обучении группа обучаемых выразит желание уделить больше внимания программе Microsoft Excel, сократив до минимума или полностью исключив изучение Microsoft Access, то следует скорректировать план обучения, само собой разумеется, согласовав изменения в плане с руководителем организации, если обучаемые были направлены на повышение квалификации организацией или предприятием. Основой организации процесса обучения в связи с этим становится индивидуализация обучения на базе индивидуальной программы;

– рассматриваемые при обучении примеры, решаемые задачи должны быть непосредственно связаны со сферой деятельности обучаемого. Например, если повышают квалификацию экономисты, то построение таблиц в программе Microsoft Word следует изучать на основе таблицы экономических показателей, а не периодической таблицы Менделеева. Идеальным вариантом будет, если обучаемый сам предложит некоторое задание, которое будет выполнено в процессе обучения в качестве примера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Змеёв, С. И.** Андрагогика. Основы теории и технологии обучения взрослых / С. И. Змеёв. – Москва: ПЕР СЕ, 2003. – 272 с.

УДК 378.46:796
АНАЛИЗ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СТУДЕНТОВ К ВЫПОЛНЕНИЮ
НОРМАТИВОВ ФИЗКУЛЬТУРНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО
КОМПЛЕКСА

Л. А. САДОВСКАЯ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Государственный физкультурно-оздоровительный комплекс Республики Беларусь представляет собой совокупность программ и нормативов – основы физического воспитания граждан.

Целями комплекса являются: развитие массового физкультурно-спортивного движения, направленного на оздоровление; общее физкультурное образование; нравственное и патриотическое воспитание; формирование здорового образа жизни средствами физической культуры.

Актуальными для физического воспитания в вузе являются третья и четвертая ступени физкультурно-оздоровительной программы комплекса: «Физическое совершенство» – для девушек и юношей 17–18 лет, «Здоровье, сила и красота» – для девушек и юношей 19–22 лет.

С изменениями всех сторон жизни изменились и требования к физической подготовленности человека, что привело к разработке нового положения о Государственном физкультурно-оздоровительном комплексе с новой нормативной программой.

Цель работы – провести сравнительный анализ физической подготовленности студентов первых курсов Белорусско-Российского университета, обучавшихся в 2014–2015, 2015–2016, 2016–2017, 2017–2018 учебных годах по типовой учебной программе 2008 г., и студентов, обучающихся в 2018–2019 учебном году по типовой программе 2017 г.

Для сравнения были проанализированы результаты сдачи нормативов студентов первых курсов разных факультетов: в беге на 100 м (в новой программе остался без изменений), в прыжке в длину с места и подтягивании (изменения в количественном отношении), сгибании-разгибании рук в упоре на брусьях (заменено на сгибание-разгибание рук в упоре лежа), беге 1000 м (заменен на 3000 м).

Для определения физической подготовленности студентов первых курсов использовалась пятиуровневая шкала. Первый уровень низкий – ему соответствуют оценки 1 и 2. Второй уровень ниже среднего – оценки 3 и 4. Третий уровень средний – оценки 5 и 6. Четвертый уровень выше среднего – оценки 7 и 8. Пятый уровень высокий – оценки 9 и 10.

Результаты исследования в процентном отношении отображены в табл. 1. Анализируя данные таблицы, можно сделать следующие выводы.

1. Результаты проведенного исследования показали, что физическая подготовленность студентов первых курсов разных учебных годов и по

новой, и по старой программе имеют средний уровень в беге на 100 м, подтягивании и прыжках в длину с места.

2. Физическая подготовленность студентов первого курса 2018–2019 учебного года не соответствует требованиям новой нормативной программы: более половины студентов имеют уровень ниже среднего в сгибании-разгибании рук в упоре лежа и беге на 3000 м.

Табл. 1. Результаты контрольных нормативов студентов первых курсов 2014–2015, 2015–2016, 2016–2017, 2017–2018, 2018–2019 учебных годов

Учеб- ный год	Уровень	Бег 100 м, %	Прыжок в длину с места, %	Подтя- гивание, %	Сгибание- разгибание рук на брусьях, %	Сгибание- разгибание рук в упоре лежа, %	Бег 1000 м, %	Бег 3000 м, %
2014– 2015	5	10	25	30	70	–	0	–
	4	10	25	25	10	–	5	–
	3	15	10	10	5	–	50	–
	2	40	25	10	0	–	15	–
	1	10	15	10	0	–	20	–
	Ниже 1	15	0	15	15	–	10	–
2015– 2016	5	30	30	30	55	–	10	–
	4	15	15	15	15	–	20	–
	3	15	15	5	0	–	30	–
	2	5	25	20	5	–	25	–
	1	15	10	10	0	–	0	–
	Ниже 1	20	5	20	25	–	15	–
2016– 2017	5	0	5	25	30	–	0	–
	4	15	20	5	15	–	5	–
	3	15	15	20	15	–	15	–
	2	25	15	25	5	–	30	–
	1	15	20	10	10	–	25	–
	Ниже 1	30	25	20	25	–	25	–
2017– 2018	5	25	25	20	40	–	0	–
	4	10	5	15	5	–	0	–
	3	5	25	20	30	–	35	–
	2	25	15	5	5	–	50	–
	1	20	25	35	15	–	15	–
	Ниже 1	15	5	5	5	–	0	–
2018– 2019	5	20	15	10	–	0	–	5
	4	30	25	30	–	15	–	15
	3	20	25	35	–	25	–	25
	2	10	30	10	–	30	–	15
	1	20	0	10	–	15	–	35
	Ниже 1	0	5	5	–	15	–	5

УДК 796.011.3
МОНИТОРИНГ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СТУДЕНТОВ

Д. Н. САМУЙЛОВ, В. Ф. ПИСАРЕНКО, Е. А. МАЛЫШЕВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Современное развитие общества диктует необходимость повышения качества физической подготовленности обучающихся. В соответствии с действующими образовательными стандартами, в высших учебных заведениях предусмотрены регулярные занятия физической культурой и спортом. Распределение студентов первого курса по учебным группам происходит на основании медицинского обследования с учетом физической подготовленности и пожеланий студентов.

Оценка динамики физической подготовленности обучающихся является одним из важнейших аспектов эффективности учебного процесса по физической культуре [1, 2].

Для мониторинга физической подготовленности использовались контрольные тесты, определяющие уровень развития физических качеств. Для определения скорости – бег на 30 м; скоростно-силовых способностей – прыжок в длину с места (юноши и девушки); гибкости – наклон вперед из положения сидя (юноши и девушки); выносливости – бег на 3000 м у юношей и на 1500 м у девушек; силовых способностей – подтягивание на высокой перекладине у юношей и поднимание туловища из положения лежа у девушек [2, 3].

При проведении исследования применялись таблицы тестов, разработанные методической комиссией кафедры физвоспитания и спорта Белорусско-Российского университета на основании типовой учебной программы для учреждений высшего образования Республики Беларусь. Высокий уровень – 9–10 баллов, выше среднего – 7–8 баллов, средний – 5–6 баллов, ниже среднего – 3–4 балла и низкий – 1–2 балла.

Комплексная оценка результатов исследования физической подготовленности проводилась путем сложения результатов отдельных контрольных тестов в соответствии со следующими уровнями: высокий – 45–50 баллов, выше среднего – 35–40, средний – 25–30, ниже среднего – 15–20, низкий – 5–10 [4].

Анализируя полученные данные в 2017–2018 и 2018–2019 учебных годах, можно сделать вывод, что уровень физической подготовленности у юношей в беге на 30 м, подтягивании на высокой перекладине, наклоне вперед из положения сидя – средний (средний балл 5,1–5,8), в беге на 3000 м и в прыжках в длину с места – ниже среднего (3,2–3,9 балла); у девушек в прыжках в длину с места – низкий (1,9 балла), в беге на 1500 м – средний (5,5 балла), в поднимании туловища из положения лежа и наклоне вперед из положения сидя – выше среднего (7,1–8,0 балла).

Результаты комплексной оценки студентов показывают средний уровень физической подготовленности и у юношей, и у девушек.

Анализ результатов тестирования выявил низкий уровень развития физических качеств: у юношей – выносливости (низкие показатели в беге на 3000 м), у девушек – скорости (в беге на 30 м) и скоростно-силовых способностей как у юношей, так и у девушек (в прыжках в длину с места).

Выводы

По результатам мониторинга физической подготовленности студентов первого курса Белорусско-Российского университета был определен средний уровень развития, выявлена слабая положительная динамика средних показателей.

Отмечена сложность выполнения отдельных тестов для студентов основной и подготовительной групп, имеющих низкий уровень физической подготовленности. Поэтому удовлетворительным результатом целесообразно считать положительную динамику показателей контрольных тестов.

При комплексной оценке обучающихся следует использовать индивидуальный подход, учитывая посещаемость, активность на занятиях, выполнение нормативов физической подготовленности, участие в спортивных мероприятиях в качестве спортсменов и волонтеров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Венгерова, Н. Н.** Технологические аспекты мониторинга физического состояния студентов: учебное пособие / Н. Н. Венгерова, О. Е. Пискун, Л. Т. Кудашова. – Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. – 112 с.

2. **Самуйлов, Д. Н.** Сравнительный анализ физической подготовки студентов первого курса ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет» / Д. Н. Самуйлов // Энергетика, информатика, инновации – 2017 (экономика и менеджмент, научные исследования в области физической культуры, спорта, общественных наук и лингвистики) : сб. тр. VII Междунар. науч.-техн. конф.: в 3 т. – Смоленск, 2017. – Т. 3. – С. 238–242.

3. **Будаев, М. Л.** Динамика физической подготовленности студентов Белорусско-Российского университета, занимающихся армрестлингом / М. Л. Будаев, Д. Н. Самуйлов, В. С. Попроцкий // Научно-методическое обеспечение физического воспитания и спортивной подготовки студентов вузов: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 1–2 нояб. 2018 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: В. А. Коледа (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – С. 77–80.

4. Типовая учебная программа для учреждений высшего образования «Физическая культура»: утв. М-вом образования Респ. Беларусь 27.06.2017 г., регистрационный № ТД-СГ 025 / тип.

Д. Н. САМУЙЛОВ, Н. А. ПЕРЕЦ, А. В. ЩУР

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В настоящее время в физическом воспитании обучающихся сложилась проблемная ситуация: состояние здоровья, физическое развитие и физическая подготовленность молодых людей в последние годы значительно ухудшились, а для эффективной учебной деятельности необходимо иметь высокий уровень здоровья. Ежегодно по результатам медицинского обследования около 40 % студентов Белорусско-Российского университета относятся к специальной медицинской группе, т. е. имеют выраженные отклонения в состоянии здоровья. Поэтому одной из задач, стоящих перед высшими учебными заведениями, является повышение физического здоровья студентов на основе увеличения двигательных способностей, профессионально-прикладной и методической подготовленности [1].

В последнее время повысился интерес к внедрению традиционных методик восточных единоборств в систему физического воспитания учреждений высшего образования.

Анализ научно-методической литературы показал, что система подготовки в различных видах восточных боевых искусств является разносторонней. В процессе тренировки занимающихся происходит развитие физических качеств, таких как сила, скорость, выносливость, гибкость, ловкость, координация, укрепление психологической устойчивости, а также совершенствование физических возможностей и резервов организма. Основой тренировок восточных единоборств является изучение и многократное повторение базовой техники, позволяющей развивать у занимающихся не только двигательные умения и навыки, но и волю, самодисциплину, целенаправленность [2, 3].

На начальных этапах обучения основное внимание уделяется общей физической подготовке, закаливанию, дыхательным упражнениям.

При характеристике силовых возможностей человека принято выделять следующие их разновидности: максимальную статическую силу, медленную динамическую силу, быструю динамическую силу, взрывную силу, амортизационную силу, силовую выносливость.

Под средствами силовой тренировки подразумеваются физические упражнения, направленные на совершенствование нервно-мышечной системы. Это упражнения: с массой собственного тела, с партнером, с отягощениями [3].

Для мониторинга силовой подготовки студентов Белорусско-Российского университета, занимающихся восточными единоборствами, исполь-

зовались контрольные тесты, разработанные на основании типовой учебной программы для учреждений высшего образования Республики Беларусь: подтягивание на высокой перекладине, сгибание-разгибание рук в упоре лежа, поднимание туловища из положения лежа на спине. В исследовании приняли участие студенты 1–4 курсов 2017–2018 и 2018–2019 учебных годов, занимающихся восточными единоборствами, и студенты, занимающиеся в группах общей физической подготовки (ОФП).

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что уровень силовой подготовки студентов, занимающихся восточными единоборствами, выше, чем у студентов в группах ОФП: в подтягивании на высокой перекладине на 18 %, в сгибании-разгибании рук в упоре лежа на 19 %, в поднимании туловища из положения лежа на спине на 21 %.

Выводы

Проведенное исследование показало, что занятия студентов восточными единоборствами воспитывают целеустремленность, настойчивость, самостоятельность, инициативность, уважительное отношение к окружающим, необходимые для будущей профессиональной деятельности молодого специалиста.

Результаты динамики физической подготовленности (силовой подготовки) занимающихся указывают на целесообразность внедрения методик восточных единоборств в учебный процесс по физической культуре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Стафеева, А. В.** Теоретико-методические предпосылки использования восточных оздоровительных систем в решении проблем сохранения здоровья студентов / А. В. Стафеева, Д. И. Воронин // Высш. образование сегодня. – 2013. – № 10. – С. 64–70.

2. **Самуйлов, Д. Н.** Развитие выносливости у студентов-каратистов технических вузов на начальном этапе / Д. Н. Самуйлов, А. М. Янюк // Современные и традиционные системы оздоровления и единоборства – выбор приоритетов: сб. науч. ст. III Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 21–23 марта 2013 г. / БГУ; редкол.: В. А. Коледа (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2013. – С. 299–302.

3. **Самуйлов, Д. Н.** Анализ ударных технических действий призеров республиканских соревнований по каратэ-до / Д. Н. Самуйлов // Веснік Магілёўскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А. А. Куляшова. Сер. С. Псіхалага-педагагічныя навукі (педагогіка, псіхалагія, методыка). – 2018. – № 2 (52). – С. 50–55.

УДК 811:316.472.4

К ВОПРОСУ О ПРЕПОДАВАНИИ ИНОСТРАННЫХ ЯЗЫКОВ В ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Г. И. СВИДИНСКАЯ, Е. С. ВЕРБИЦКАЯ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Современное высшее профессиональное образование должно отвечать запросам общества и времени. В прагматически ориентированном мире XXI в. иностранный язык в техническом университете следует преподавать как средство достижения реальных целей, как средство построения успешной карьеры специалиста.

Согласно программе, практическая цель обучения иностранному языку подразумевает обучение общению на данном языке в единстве всех его компетенций (языковой, речевой, социокультурной, компенсаторной и учебно-познавательной) в устной и письменной формах.

Эта цель достигается посредством взаимосвязанного обучения всем видам речевой деятельности в рамках программы, а также самостоятельной работы студента.

При ограниченном количестве аудиторных часов, отводимых на предмет «иностранный язык», большую роль играют информационные технологии, которые позволяют находить аутентичный языковой материал и создавать условную информационно-коммуникационную среду на занятии (ИКС).

ИКС является частью педагогической системы в виде системно организованной совокупности информационного, технического, учебно-методического обеспечения, неразрывно связанной с обучаемыми как субъектами образовательного процесса. Эта система насыщена различными современными информационно-коммуникационными технологиями (ИКТ).

В учебном процессе используются следующие средства ИКТ.

Интернет, электронные учебники, энциклопедии, DVD- и CD-диски, видео- и аудиоматериалы, научные работы и проекты, интерактивная доска и другое оборудование аудиторий.

Интернет предлагает различные способы коммуникации и обмена информацией. Их можно подразделить на синхронную, асинхронную коммуникации и гипертекст.

Асинхронная коммуникация предполагает, что сообщения сохраняются для просмотра позже, общение не происходит в режиме «реального времени» (например, электронная почта).

Синхронная коммуникация в режиме «реального времени» подразумевает, что все обучающиеся находятся у своих компьютеров одновременно.

Такая коммуникация может происходить и «один-на-один», и «многих-со-многими».

Коммуникация в режиме «реального времени» может быть аудио-, видео- и текстовая.

Интернет является не только средством коммуникации, но и глобальным хранилищем мультимедийных документов (WWW). WWW основана на принципах гипертекста. Она включает текстовую, графическую, аудио- и видеоинформацию.

Материалы сети Интернет и современные технические средства обучения позволяют преподавателю иностранного языка создавать моделируемую ИКС на занятии в аудитории, сделать процесс обучения живым и интересным, что повышает мотивацию обучаемых, даёт им возможность участвовать в реальном общении с носителями языка (синхронно и асинхронно), обеспечивает преподавателя и студентов аутентичными страноведческими и научными материалами.

Однако, успех обучения зависит от правильной организации учебного процесса, от того, как используется сеть Интернет. Преподаватель должен отбирать необходимые материалы и методически верно организовывать их применение как на занятии, так и во время самостоятельной работы студента.

Все виды работы должны тщательно планироваться преподавателем. Он определяет, какие виды коммуникации будут использованы, какие задачи будут решать обучаемые, какие цели будут достигнуты.

Все интернет-ресурсы, предлагаемые студентам, должны соответствовать следующим критериям:

- 1) аутентичность материалов;
- 2) высокое качество материалов;
- 3) возможность быстрой загрузки при работе «on-line»;
- 4) соответствие материалов цели и задачам процесса обучения;
- 5) соответствие уровню подготовки обучаемых;
- 6) высокая информативность материалов.

Варьируя ресурсами, преподаватель моделирует образовательную ИКС в зависимости от цели обучения.

Большое значение имеет формирование студенческих групп по уровню языковой подготовки и с учетом особенностей личности студента. Это позволит интенсифицировать процесс обучения, повысит мотивацию обучаемых и даст возможность диверсифицировать педагогический процесс с учетом реальных потребностей общества и интересов будущих специалистов.

МЕТОД НАКАЗАНИЯ В ВОСПИТАНИИ ДЕТЕЙ
И УЧАЩЕЙСЯ МОЛОДЕЖИ

А. И. ТАРЕЛКИН

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В 2018 г. белорусская общественность активно обсуждала концепцию закона «О противодействии домашнему насилию», подготовленную ведомством МВД РБ. В проекте законопроекта прописывались следующие виды домашнего насилия: психологическое, сексуальное, физическое, экономическое. Концепция закона получила жесткую критику со стороны Президента РБ: «Хороший ремень иногда тоже полезен для ребенка». Весьма скептически проект закона был воспринят со стороны православной и католической церквей в Республике Беларусь. Так утверждалось, что фактами домашнего насилия могут быть рассмотрены обычные воспитательные меры, направленные как раз таки на сохранение сплоченности семьи и охрану жизни и здоровья ребенка. Так, насилием может рассматриваться факт приобщения ребенка к церковным ценностям, когда, например, ребенка заставляют ходить в церковь и причащаться. МВД парировало указанным замечаниям: обычаи и религиозные убеждения не должны служить оправданием домашнего насилия, которое в любых своих формах должно быть предотвращено.

Указанная дискуссия высвечивает психологическую проблему применения метода наказания в воспитании детей и учащейся молодежи со стороны родителей и педагогов. Наиболее известный подход в психологии был предложен необихивеористом Б. Скиннером в рамках разрабатываемой им теории оперантного научения. Оперантное научение – это система поощрений и наказаний с целью формирования необходимого поведения. Поведение формируется благодаря закреплению спонтанно возникающей реакции с помощью позитивных и негативных поощрений и наказаний. Позитивное подкрепление – это предъявление позитивного стимула, вознаграждения (например, похвала). Негативное подкрепление – это удаление неприятного стимула (например, прощение). Позитивное наказание – это предъявление неприятного стимула (например, боль). Негативное наказание – это удаление позитивного стимула (например, запрет на игру). Б. Скиннер считал, что при воспитании необходимо прибегать не к наказанию, а к позитивному подкреплению. Наказание неэффективно и приводит к различным личностным деформациям (тревожность, заниженная самооценка, комплекс неполноценности).

Похожие идеи можно найти и в русскоязычной психологии, в частности у Л. С. Выготского, который утверждал, что нужно воспитывать

не страх наказания за совершенный проступок, а любовь к добру. Нравственное воспитание связано со свободой выбора воспитанника, когда он сам стремится совершать добрые поступки.

Среди современных исследований проблемы стоит отметить работы А. С. Елисеевой и Е. В. Куфтяк. Так, А. С. Елисеева выделила следующие формы положительного/отрицательного подкрепления: «награда – порицание, разрешение – запрет, удовольствие – страдание, обретение – лишение, взаимодействие – изоляция» [1]. При этом автор утверждает, что родители чаще прибегают к методу наказания, чем поощрению (что согласуется с выводами Б. Скиннера). Наказание, согласно автору, должно применяться для искоренения негативного поведения, а поощрение – для подкрепления желательного поведения [1]. Е. В. Куфтяк доказала, что семьи, регулярно применяющие физическое насилие по отношению к детям, являются деструктивными: дети в таких семьях используют ослабленные и противоречивые копинг-стратегии, подражая своим родителям. При этом наблюдается парадоксально положительное отношение детей к своим родителям, применяющим физическое наказание: дети прощают своих родителей [2].

По нашему мнению, единственно морально оправданным методом наказания может быть рассмотрен моральный упрек как неодобрение, прямо высказанное кому-то. Моральный упрек вызывает переживания чувств вины и стыда и сопутствующее желание изменить свое поведение. При этом моральный упрек будет эффективным только в том случае, если воспитанник боится потерять подлинную любовь воспитателя. В противном случае моральный упрек превращается в средство манипулирования воспитанником.

Таким образом, большинство психологических исследований показывают негативный характер применения наказаний, без которых, однако, объективно нельзя обойтись в процессе воспитания. Все зависит от того, что делают воспитанники, и от того, как на это реагируют воспитатели. Морально оправданным приемом наказания является моральный упрек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Елисеева, А. С.** Детерминирующее влияние поощрения и наказания на детско-родительские отношения : на примере подросткового возраста: дис. ... канд. психолог. наук : 19.00.07 / А. С. Елисеева. – Тамбов, 2009. – 211 л.

2. **Куфтяк, Е. В.** Совладающее поведение в семье, регулярно применяющей физические наказания детей : дис. ... канд. психолог. наук : 19.00.05 / Е. В. Куфтяк. – Кострома, 2003. – 231 л.

УДК 004.77:811.161.3

ВЫКАРЫСТАННЕ ІНТЭРНЭТ-РЭСУРСАЎ НА ЗАНЯТКАХ ПА БЕЛАРУСКАЙ МОВЕ Ў ВНУ ТЭХНІЧНАГА ПРОФІЛЮ

Н. У. ФЁДАРАВА
Беларуска-Расійскі ўніверсітэт
Магілёў, Беларусь

Фарміраванне новага мыслення студэнтаў тэхнічнага ўніверсітэта непарыўна звязана з той інфармацыйнай прасторай, у якой жыве навучэнец, спазнае навакольную рэчаіснасць і актыўна дзейнічае. Менавіта па гэтай прычыне прымяненне электронных сродкаў навучання дазваляе выкладчыку разнастаіць формы работы, дзейнасць навучэнцаў, актывізаваць іх увагу, зрабіць працэс навучання больш паўнацэнным, яркім і насычаным.

На сённяшні дзень па беларускай мове існуе значная колькасць электронных крыніц, якія могуць быць карыснымі для выкладчыка беларускай мовы ў вышэйшай школе тэхнічнага накірунку.

На наш погляд, найбольш цікавымі з іх з'яўляюцца наступныя.

1. Віртуальны кабінет беларускай мовы і літаратуры.

Сайт для настаўнікаў беларускай мовы і літаратуры: прадстаўлены вельмі шырокі спектр адукацыйных матэрыялаў (метадычныя распрацоўкі, аўдыёверсіі вершаў, нарматыўная база, метадычныя рэкамендацыі і г. д.). URL: <http://belkabinet.ucoz.ru>.

2. Настаўнік.

Інфармацыйна-метадычны партал для настаўнікаў. Сайт знаёміць з тэндэнцыямі адукацыі ў свеце, з новымі тэхналогіямі і метадамі выкладання, а таксама з вынікамі іх ужывання ў Беларусі. URL: <http://www.nastaunik.info>.

3. Навучанне мовам у Інтэрнэце.

Старонка, прысвечаная беларускай мове на сайце «Навучанне мовам у Інтэрнэце». Тут змяшчаюцца сакрэты хуткага і эфектыўнага навучання, курсы on-line, спасылкі на выбраныя лінгвістычныя рэсурсы, а таксама на найлепшыя off-line падручнікі, дапаможнікі для саманавучання, слоўнікі і даведнікі, цікавыя мовазнаўчыя факты, займальныя практыкаванні і гульні для школьнікаў і студэнтаў, лінгвістычныя жарты і іншая карысная інфармацыя. URL: <http://www.languages-study.com/belarusian.html>.

Для праграмага забеспячэння заняткаў па беларускай мове з найбольш эфектыўных праграм, на нашу думку, можна вылучыць некалькі.

1. Праграма «OmegaT».

Гэта свабодная сістэма аўтаматызаванага перакладу, якая падтрымлівае памяць перакладаў і прызначана для прафесійных перакладчыкаў. Праграма не перакладае замест чалавека, а толькі спрашчае яго працу. Яна мае беларускую версію і дакументацыю, дзе шырока выкарыстоўваецца беларуская тэрміналогія. URL: <http://www.omegat.org/ru/omegat.html>.

2. Тэкставы рэдактар «UniRed».

Гэта тэкставы рэдактар з беларускім інтэрфэйсам. Падтрымлівае працу з рознымі кадыроўкамі; дазваляе пазначыць юнікодаўскія сімвалы, мае сінтаксічную падсветку; дазваляе рабіць праверку правапісу ў тэкстах. URL: <http://www.esperanto.mv.ru/UniRed/>.

3. Мабільны дадатак «moVa».

Гэта праграма, распрацаваная для пашырэння ўжывання беларускай мовы ў мабільных камунікацыях. Просты аплет, але ў гэтым яго ўнікальнасць, бо ён дае зручны доступ для зносінаў на беларускай мове. З дапамогай гэтай праграмы можна пісаць SMS-паведамленні, пасты ў сацыяльных сетках: Facebook, Twitter, V Kontakte. Калі ёсць неабходнасць перакладу, можна карыстацца слоўнікам, які падтрымлівае ўсе мовы онлайн-перакладчыка Google. Вызвае цікавасць у студэнтаў як асабліва даступны сродак навучання. URL: <http://www.velcom.by/ru/about/news/24087.htm>.

4. Онлайн часопіс VIOLEX.

Гэта рэсурс, які збірае самыя новыя і найцікавейшыя апалітычныя навіны з усёй планеты па-беларуску. Разам з Violex можна азнаёміцца з традыцыямі і звычаямі розных краін свету, апошнімі навуковымі і тэхнічнымі вынаходніцтвамі, даведацца пра цікавыя падзеі, неверагодныя факты, пабачыць рэдкія фатаграфіі і атрымаць карысныя парады. URL: <http://violex.info/bel/>.

Такім чынам, сённяшні выкладчык мае шырокі спектр электронных рэсурсаў, выкарыстанне якіх дазволіць не толькі стаць бліжэй да студэнтаў (як актыўных карыстальнікаў Інтэрнэта), але і будзе садзейнічаць павышэнню эфектыўнасці заняткаў па беларускай мове ў вышэйшых навучальных установах тэхнічнага профілю. У сённяшняй сітуацыі білінгвізму, калі беларуская мова з'яўляецца дзяржаўнай разам з рускай мовай і выступае пераважным сродкам камунікацыі сучаснага беларускага грамадства, выкладчыкам беларускай мовы, як нікому іншаму, неабходна ісці ў ногу з часам, імкнуцца да папулярызацыі роднай мовы, каб паказаць яе сучаснае актуальнае гучанне.

УДК 378.14:81
САЦЫЯЛЬНАЯ СЕТКА «ВКОНТАКТЕ» ЯК АДЗІН СА СПОСАБАЎ
ФАРМІРАВАННЯ КАМПЕТЭНЦЫЙ БУДУЧЫХ СПЕЦЫЯЛІСТАЎ

А. В. ШАРАПАВА
Беларуска-Расійскі ўніверсітэт
Магілёў, Беларусь

У межах рэфармавання вышэйшай адукацыі ў Рэспубліцы Беларусь важнае значэнне надаецца развіццю акадэмічных, сацыяльна-асобасных і прафесійных кампетэнцый¹ будучых спецыялістаў. «Аналіз тэорыі і практыкі адукацыі паказвае, што комплексна сфарміраваць у студэнтаў сучасныя кампетэнцыі толькі сродкамі лекцыйна-семінарскіх формаў заняткаў не з'яўляецца магчымым, паколькі пры гэтым пераважна засвойваецца «ў гатовым выглядзе» сістэма ведаў, уменняў, навыкаў як алгарытм вырашэння тыповых праблем. У той час як кампетэнцыі могуць эфектыўна развівацца ў студэнтаў толькі на аснове іх самастойнай пошукавай творчай дзейнасці, самастойна набывага вопыту вырашэння разнастайных задач» [1, с. 47]. Для фарміравання належных кампетэнцый важнае значэнне набывае ўзаемадзеянне розных формаў і метадаў навучання ў працэсе засваення вучэбных дысцыплін «Беларуская мова (прафесійная лексіка)», «Беларуская мова (культура мовы)». Аўдыторная форма навучання рэалізуецца на штотыднёвых занятках першакурснікаў у I (I і II) семестры. Пазааўдыторная работа актыўна выкарыстоўвае магчымасці інтэрнэту, у тым ліку і сацыяльныя сеткі. Сацыяльная сетка – гэта рэсурс, прызначаны для зносін у інтэрнэце паміж людзьмі ці арганізацыямі, якія пры гэтым часта аб'яднаны па ўзроставым, сацыяльным, адукацыйным прынцыпе, што дае большыя магчымасці для актыўнай камунікацыі. Адна з папулярных сетак у вучнёўскім, студэнцкім асяроддзі Беларусі – сетка «ВКонтакте» (vk.com), што арыентавана найперш на моладзь, мае добрыя мультымедычныя магчымасці. Практычна ўсе студэнты-першакурснікі маюць зарэгістраваныя акаўнты (профілі). Для зносін педагога з навучэнцамі мэтазгодна выкарыстоўваць такі від сеткавай супольнасці, як група (суполка). У 2016 г. для інфармавання і каардынацыі дзеянняў студэнтаў была створана група з агульнай назвай «Беларуская, руская і замежныя мовы».

Менавіта дзякуючы названай суполцы ажыццяўляецца інфармаванне навучэнцаў, мадэрацыя разнастайных мерапрыемстваў, папулярызацыя

¹«Кампетэнцыя ўключае сукупнасць узаемазвязаных якасцей асобы (ведаў, уменняў, навыкаў, спосабаў дзейнасці), зададзеных у адносінах да пэўнага кола прадметаў і працэсаў і неабходных для якаснай прадуктыўнай дзейнасці ў дачыненні да іх; кампетэнтнасць – валоданне чалавекам адпаведнай кампетэнцыяй, у якую ўваходзіць яго асабістае стаўленне да яе і прадмету дзейнасці» [2].

беларускай мовы і культуры. Адной з формаў работы ў кантэксце фарміравання кампетэнцый будучых спецыялістаў з'яўляецца арганізацыя літаратурных тыдняў, што прысвечаны юбілеям беларускіх пісьменнікаў¹.

Праграмы Тыдняў прадугледжваюць як традыцыйныя – конкурс насценнага друку, правядзенне віктарыны, прысвечанай жыццю і творчасці пісьменніка, спаборніцтва чытальнікаў мастацкіх твораў аўтара, так і не зусім характэрныя для студэнтаў нефілалагічнага профілю мерапрыемствы – конкурс на лепшую відэапрэзентацыю твора пісьменніка ў сацыяльнай сетцы, флэшмоб, які пэўным чынам звязаны з пісьменнікам. Відэаролікі, а таксама фота- і відэасправаздачы Тыдняў можна пабачыць у суполцы: #мойбагдановіч, #нашыкласікі, #Яўгенія_Янішчыц.

Напрыклад, у гэтым навучальным годзе цікава прайшоў флэшмоб #Яўгенія_Янішчыц. У 2017 г. у Магілёве выпускнікамі Школы гарадскіх ініцыятыў «Цяпліца» быў здзейснены праект «Вершы на сценах»: сем вершаў і малюнка да іх былі размешчаны на сценах будынкаў горада. Адзін з вершаў – славы твор Яўгеніі Янішчыц «Ты пакліч мяне, пазаві ...». Студэнты атрымалі заданне: знайсці арт-аб'ект, сфатаграфавана на яго фоне, зрабіўшы гэта арыгінальна і творча, размясціць фота ў сацыяльнай сетцы «ВКонтакте» #Яўгенія_Янішчыц, даць каментары да яго. Шляхам падліку падабаек і рэпостаў было вызначана і ўхвалена лепшае фота.

Падобнага кшталту мерапрыемствы спрыяюць фарміраванню патрыятычных пачуццяў у будучых спецыялістаў як эліты беларускай інтэлігенцыі, што з'яўляецца адным з прыярытэтных напрамкаў беларускай ідэалогіі. Выкарыстанне сацыяльных сетак дазваляе стварыць адукацыйную прастору, якая забяспечвае эфектыўныя зносіны паміж навучэнцамі і выкладчыкамі, актывізуе пазнавальную дзейнасць студэнтаў, стымулюе развіццё іх творчых здольнасцей, што спрыяе плённаму засваенню названых вышэй вучэбных дысцыплін, актуалізуе набытыя кампетэнцыі і спрыяе фарміраванню новых.

СПІСАК ЛІТАРАТУРЫ

1. **Макаров, А. В.** Компетентностно-ориентированные учебные программы нового поколения : аналитический обзор / А. В. Макаров // Выш. шк. – 2010. – № 6. – С. 47–52.

2. **Хуторской, А. В.** Определение общепредметного содержания и ключевых компетенций как характеристика нового подхода к конструированию образовательных стандартов [Электронный ресурс] / А. В. Хуторской. – Режим доступа: <http://www.eidos.ru/journal/2002/0423.htm>. – Дата доступа: 14.01.2019.

¹ Прыкладам рэалізацыі работы такога кшталту могуць быць Тыдні, прысвечаныя 125-годдзю з дня нараджэння М. Багдановіча (2016 г.), 135-годдзю Я. Купалы і Я. Коласа (2017 г.), 70-годдзю Я. Янішчыц (2018 г.), што прайшлі на кафедры «Беларуская, руская і замежныя мовы», з 2017 г. «Гуманітарныя дысцыпліны».

УДК 621.9

ГУМАНИТАРНЫЕ ДИСЦИПЛИНЫ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ СТРУКТУРЫ ОБУЧЕНИЯ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

О. В. ШЕВЧИК

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Гуманитаризация образования – один из приоритетов высшей школы РБ на протяжении последних лет. В отличие от тенденций советского периода, этот процесс не имеет доминирующего характера. Однако своего просветительского и воспитательного значения гуманитарные дисциплины не утратили. Этим и объясняется интерес к гуманитаризации образования в вузах технической и экономической ориентации.

Система преподавания в высшем учебном заведении предполагает довольно разнообразную довузовскую подготовку студентов в области гуманитарных знаний. Информация, полученная в средней школе, становится базой для дальнейшего развития студентов как образованных и мыслящих людей. Если в школе акцент делается на накопление знаний, то в вузе, наряду с получением дополнительной информации, происходит гораздо более важный процесс формирования собственных взглядов в общественной области. Именно процессу систематизации и осознанности гуманитарных сведений должен уделять как можно больше внимания преподаватель.

Негативной чертой современного школьного образования является так называемое «школьничество» – боязнь собственных суждений и ориентация на готовые мыслительные штампы и стандарты. Преподаватель вуза должен осознавать важность преодоления подобной закомплексованности в той атмосфере, которая создается на занятиях, особенно семинарских. Придерживаясь старой истины «кто ясно мыслит, тот ясно излагает», предпочтительнее, видимо, изъясняться доступным, понятным языком, не злоупотребляя специальной (например, философской или социологической) терминологией, но при этом и не опускаясь до языка примитивной обыденности.

При ответах и обсуждениях необходимо дать почувствовать студенту значимость его знаний и уважение к его мнению. В противном случае не только не возникнет психологический контакт с аудиторией, но и сам преподаватель рискует превратиться из интересного собеседника в жесткого координатора, подавляющего инициативу. Система такого принудительно-безынициативного преподавания столь широко распространена в средней школе, что, став студентами, молодые люди с готовностью принимают подобную и в вузе. Польза для авторитета преподавателя и для аудитории в данной ситуации весьма сомнительна.

Необходимо найти методы работы, позволяющие студентам с первых дней пребывания в вузе почувствовать себя взрослыми, уважаемыми людьми, что важно для формирования граждан цивилизованного общества.

Относительно практических методов и приемов преподавания: наблюдения в рамках общекафедральной научной темы в течение нескольких лет за процессом изучения гуманитарных курсов в БРУ позволяют сделать определенные выводы.

Гуманитарные дисциплины, изучаемые студентами на первом курсе, являются информационно-воспитательными – это, прежде всего, «Культурология» и «Этика».

Совершенно особое место занимает учебная дисциплина «Логика». Выполняя функцию систематизации знаний, она необходима не только в гуманитарной, но и в технической сфере образования.

Важность такого курса, как «История Беларуси», не подлежит сомнению. Патриотическое воспитание, которому в последние годы уделяется так много внимания, имеет несколько своеобразную форму, так как базируется на истории Беларуси советского периода, причем история эта излагается весьма избирательно и тенденциозно. Поэтому вышеназванные предметы имеют важнейшее значение для пробуждения национального самосознания молодого поколения. Однако, необходимо преодолеть недостатки взаимосвязи этих дисциплин. Во-первых, избегать дублирования излагаемой информации. Во-вторых, направлять внимание студентов не только на хронологию исторических событий, но и на особенности, на общекультурные тенденции развития белорусской истории в рамках мировой культуры. По мнению автора, преподавание данных дисциплин более эффективно на младших курсах, т.к. именно в этом возрасте (18–19 лет) еще продолжается формирование личности. Кроме того, специализация образования на старших курсах в техническом вузе снижает интерес к гуманитарным учебным дисциплинам. Впрочем, интерес к проблемам белорусизации зависит от социально-политических условий, и соответствующая информация может быть востребована также и старшекурсниками.

Курс философии должен быть завершающим в ряду гуманитарных дисциплин, имеющих историческую направленность.

Получив и систематизировав свои знания в области истории, религии, культуры, студент в состоянии осмысливать, а не просто «проходить», учения, созданные великими умами человечества. Наиболее оптимальный возраст в данном случае – 20–21 год (3–4 курс).

Более эффективно изучение сначала конкретных, а затем обобщающих форм гуманитарного знания.

УДК 517.927.6
 К ПОСТРОЕНИЮ РЕШЕНИЯ МНОГОТОЧЕЧНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ
 ДЛЯ МАТРИЧНОГО УРАВНЕНИЯ ЛЯПУНОВА С ПАРАМЕТРОМ

А. Н. БОНДАРЕВ
 Белорусско-Российский университет
 Могилев, Беларусь

Исследуется краевая задача

$$\frac{dX}{dt} = \lambda A(t) X + X (B_1(t) + \lambda B_2(t)) + F(t), \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^k M_i X(t_i, \lambda) = 0, \quad (2)$$

где $X \in \mathbb{R}^{n \times m}$, A , B_1 , B_2 , F – матрицы-функции класса $\mathbb{C}[0, \omega]$ соответствующих размерностей, M_i – заданные постоянные $(n \times n)$ -матрицы; $\lambda \in \mathbb{R}$, $\omega > 0$.

В данной работе, являющейся продолжением [1] и развитием [2], получены коэффициентные достаточные условия однозначной разрешимости задачи (1), (2), итерационный алгоритм построения решения и дана оценка его области локализации.

Введем следующие обозначения:

$$\gamma = \|\Phi^{-1}\|, \quad m_i = \|M_i\|, \quad \alpha = \max_t \|A(t)\|, \quad \beta_2 = \max_t \|B_2(t)\|, \quad h = \max_t \|F(t)\|,$$

$$\mu_1 = \max_t \|V(t)\|, \quad \mu_2 = \max_t \|V^{-1}(t)\|, \quad v_i = \|V_i\|, \quad \|X\|_C = \max_t \|X(t, \lambda)\|,$$

$$\varepsilon = |\lambda|, \quad q = \gamma \mu_1 \mu_2 (\alpha + \beta_2) \omega \sum_{i=1}^k m_i v_i, \quad N = \gamma \mu_1 \mu_2 \omega h \sum_{i=1}^k m_i v_i,$$

где $\|\cdot\|$ – согласованная в смысле [3, с. 410] норма матриц, Φ – линейный матричный оператор типа [4], $\Phi Y \equiv \sum_{i=1}^k M_i Y V_i$; $V_i = V(t_i)$, $V(t)$ – фундаментальная матрица уравнения $dV/dt = V B_1(t)$.

Теорема. Пусть оператор Φ однозначно обратим. Тогда при $|\lambda| < 1/q$ задача (1), (2) однозначно разрешима; ее решение $X(t, \lambda)$ представимо как предел равномерно сходящейся последовательности матричных функций, определяемых рекуррентным интегральным соотношением и удовлетворяющих условию (2), при этом справедлива оценка $\|X\|_C \leq N/(1 - \varepsilon q)$.

С помощью методики [5, гл.1] задача (1), (2) сведена к эквивалентному интегральному уравнению

$$X(t, \lambda) = \left(\Phi^{-1} \left\{ \sum_{i=1}^k M_i \int_{t_i}^t [\lambda (A(\tau) X(\tau, \lambda) + X(\tau, \lambda) B_2(\tau)) + F(\tau)] V^{-1}(\tau) d\tau V_i \right\} \right) V(t),$$

для исследования разрешимости которого используется принцип сжимающих отображений (см., например, [6, с. 605]).

Решение строится по алгоритму

$$X_p(t, \lambda) = \left(\Phi^{-1} \left\{ \sum_{i=1}^k M_i \int_{t_i}^t [\lambda (A(\tau) X_{p-1}(\tau, \lambda) + X_{p-1}(\tau, \lambda) B_2(\tau)) + F(\tau)] V^{-1}(\tau) d\tau V_i \right\} \right) V(t), \quad p = 1, 2, \dots,$$

где в качестве начального приближения принята произвольная матрица $X_0(t) \in \mathbb{C}(I, \mathbb{R}^{n \times m})$.

Установлено, что последовательность $\{X_r(t, \lambda)\}_0^\infty$ сходится равномерно по $t \in I$ к решению полученного интегрального уравнения, при этом справедливы оценки

$$\|X - X_r\|_C \leq \frac{(\varepsilon q)^r}{1 - \varepsilon q} \|X_1 - X_0\|_C, \quad r = 0, 1, 2, \dots, \quad \|X\|_C \leq \|X_0\|_C + \frac{\|X_1 - X_0\|_C}{1 - \varepsilon q}.$$

Из оценки для $\|X\|_C$ при $X_0(t) \equiv 0$ следует оценка из теоремы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Bondarev, A. N.** Multipoint Boundary Value Problem for the Linear Matrix Lyapunov Equation with Parameter / A. N. Bondarev // International Workshop on the Qualitative Theory of Differential Equations «QUALITDE – 2015»: abstracts, Tbilisi, 27–29 Dec. 2015 / A. Razmadze Mathem. Inst.; ed.: I. Kiguradze [et al.]. – Tbilisi, 2015. – P. 32–35.

2. **Бондарев, А. Н.** Многоточечная краевая задача для уравнения Ляпунова в случае сильного вырождения краевых условий / А. Н. Бондарев, В. Н. Лаптинский // Дифференц. уравнения. – 2011. – Т. 47, № 6. – С. 776–784.

3. **Гантмахер, Ф. Р.** Теория матриц / Ф. Р. Гантмахер. – Москва: Наука, 1967. – 576 с.

4. **Murty, K. N.** Two (multi) point nonlinear Lyapunov systems – existence and uniqueness / K. N. Murty, G. W. Howell, S. Sivasundaram // Journ. Mathem. Anal. and Appl. – 1992. – Vol. 167. – P. 505–515.

5. **Лаптинский, В. Н.** Конструктивный анализ управляемых колебательных систем / В. Н. Лаптинский. – Минск: Ин-т математики НАН Беларуси, 1998. – 300 с.

6. **Канторович, Л. В.** Функциональный анализ / Л. В. Канторович, Г. П. Акилов. – Москва: Наука, 1977. – 744 с.

УДК 347.717
ЛОКАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ
КОММИВОЯЖЕРА С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ОГРАНИЧЕНИЯМИ

В. С. БУТОМА

Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

А. М. БУТОМА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Задача коммивояжера является одной из самых известных задач в комбинаторной оптимизации. В классической формулировке данная задача звучит следующим образом: необходимо найти самый выгодный маршрут, проходящий через все города с возвращением в стартовый. Выгодность маршрута определяется минимальным расстоянием и суммарным штрафом.

Известно, что на текущий момент для решения классической задачи коммивояжера применяется алгоритм LKH (Lin-Kernighan Heuristic), который является лучшим по скорости и точности при достаточно большом количестве вершин графа. Однако в реальной жизни часто встречаются случаи, когда задачу нельзя свести к классической модели, и в связи с этим невозможно использовать оптимальный алгоритм в чистом виде.

Для примера рассмотрим не классическую задачу коммивояжера, а задачу, где на каждое 10-е ребро в пути накладывается дополнительный штраф в 10 %, если ребро идет из города не с простым индексом. Данная задача была представлена на ежегодном соревновании по оптимизации Traveling Santa 2018 prime path.

Для решения данной задачи предлагается использовать следующие шаги.

Применим LKH на задаче без дополнительных ограничений, т. е. не учитывая штрафы, и получим базисный путь P для дальнейших преобразований (путь P представляет собой перестановку длины N , где N – это количество городов).

Далее применим две эвристики локальной оптимизации. В общем случае их можно применять как угодно, но для данной задачи будем увеличивать штраф монотонно до максимального. Это делается для следующего:

– сохранение оптимального пути без штрафов на протяжении большого количества итераций;

– при оптимизации и скрещивании путей будут выбираться подпути большего размера.

Первая фаза заключается в нахождении абсолютно точного решения для окна в уже имеющемся пути. Для оптимизации в окне воспользуемся методом динамического программирования по битовым маскам. Пусть $d[mask][i]$ – величина оптимального пути, который заканчивается вершиной под индексом i ($i \in [1...(N-k)]$, где k – это размер окна, в котором применяется оптимизация, $k \leq 25$). При этом посещенные города задаются через $mask$, а именно через значение битов, т. е., если $mask_j = 1$, то город j участвует в пути. В классическом виде рекуррентное соотношение выглядит следующим образом:

$$d[mask][i] = \min(d[mask][i], d[mask \oplus 2^i][j] + cost_{ij}),$$

где $cost_{ij}$ – длина пути между пунктами i и j .

Во второй фазе применим модифицированные k -opt эвристики. В нашей задаче применим 5-opt. Суть заключается в том, чтобы сгенерировать множество всех пятерок, которые удовлетворяют условию, а затем для каждой пятерки найти оптимальный путь.

Пятерки будем генерировать следующим образом: для каждого $i \in [1...N]$ находим множество ближайших соседей (это можно сделать, например, через k -мерное дерево, при этом критерием отбора будет принадлежность области вокруг точки $i \in [1...N]$). Размер области подбирается эмпирически. По каждому набору пятерок индексов $indices$ генерируется множество подпутей из базисного пути P (в общем случае базисный – это текущий оптимальный), т. е. для каждого индекса из $indices$ находится его позиция в P и составляются подпути, перестановки которых могут улучшить итоговый результат. То есть задача сводится снова к нахождению оптимальной перестановки, и эту задачу можно точно решить с помощью динамики по битмаскам, только рекуррентный переход будет немного отличаться от описанного выше.

Данная оптимизация показала себя достаточно эффективной. В частности, с ее помощью на соревновании [1] был получен довольно хороший результат (33 место из 1874).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://www.kaggle.com/c/traveling-santa-2018-prime-paths/overview>.

К ЗАДАЧЕ О ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЕШЕНИЯХ ЛИНЕЙНЫХ НЕАВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Ю. М. ГРЕБЕНЦОВ

Могилевский государственный университет продовольствия
Могилев, Беларусь

Исследуется задача об ω -периодических решениях системы

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \lambda A(t)x + \lambda B(t) \frac{dx}{dt} + f(t), \quad x \in R^n, \quad (1)$$

с непрерывными ω -периодическими $(n \times n)$ -матрицами $A(t)$, $B(t)$, n -вектором $f(t)$; скалярным параметром λ .

Согласно методу [1], решение этой задачи можно представить в виде

$$x(t, \lambda) = c(\lambda) + z(t, \lambda), \quad (2)$$

где $c(\lambda)$ – постоянный вектор, $z(t, \lambda)$ – ω -периодическая вектор-функция, подчиненная интегральному условию

$$\int_0^\omega A(\tau)z(\tau, \lambda)d\tau = 0.$$

Примем следующие обозначения:

$$\tilde{A}(\omega) = \int_0^\omega A(\tau)d\tau, \quad \gamma = \|\tilde{A}^{-1}(\omega)\|, \quad \alpha = \max_t \|A(t)\|, \quad \beta = \max_t \|B(t)\|, \quad \sigma = \max_t \|Q(t)\|,$$

$$h = \max_t \|f(t)\|, \quad \varepsilon = |\lambda|, \quad q = \frac{\omega}{2} \left(\frac{1}{2} \gamma \alpha^2 \omega^2 + \gamma \alpha \sigma \omega + \beta \right), \quad t \in [0; \omega].$$

Теорема. Пусть выполнены условия $\det \tilde{A}(\omega) \neq 0$, $0 < \varepsilon q < 1$. Тогда ω -периодическое решение уравнения (1) существует и единственно и представимо в виде (2), при этом справедливы оценки

$$\|c(\lambda)\| \leq \frac{\gamma h \omega}{\varepsilon} + \frac{\gamma \beta \omega^2 h (1 + \alpha \gamma \omega)}{2(1 - \varepsilon q)}, \quad \|z(t, \lambda)\| \leq \frac{\gamma \alpha \omega^3 h (1 + \alpha \gamma \omega)}{4(1 - \varepsilon q)},$$

$$\|dz(t, \lambda) / dt\| \leq \frac{\omega h (1 + \alpha \gamma \omega)}{2(1 - \varepsilon q)}.$$

Для построения решения предлагается итерационный алгоритм

$$c_{k+1}(\lambda) = -\tilde{A}^{-1}(\omega) \int_0^{\omega} Q(\tau) y_k(\tau, \lambda) d\tau - \frac{1}{\lambda} \tilde{A}^{-1}(\omega) \int_0^{\omega} f(\tau) d\tau,$$

$$z_{k+1}(t, \lambda) = \int_0^{\omega} K_A(t, \tau) y_k(\tau, \lambda) d\tau, \quad K_A(t, \tau) = \begin{cases} \tilde{A}^{-1}(\omega) \int_0^{\tau} A(\sigma) d\sigma, & 0 \leq \tau \leq t \leq \omega, \\ -\tilde{A}^{-1}(\omega) \int_{\tau}^{\omega} A(\sigma) d\sigma, & 0 \leq t < \tau \leq \omega, \end{cases}$$

$$y_{k+1}(t, \lambda) = \int_0^{\omega} \varphi(t, \tau) [\lambda A(\tau) c_k(\lambda) + \lambda A(\tau) z_k(\tau, \lambda) + \lambda B(\tau) y_k(\tau, \lambda) + f(\tau)] d\tau,$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, \quad c_0 = -\frac{1}{\lambda} \tilde{A}^{-1}(\omega) \int_0^{\omega} f(\tau) d\tau, \quad z_0 = 0, \quad y_0 = 0,$$

где $y(t, \lambda) = dz(t, \lambda) / dt$, $Q(t) = B(t) - \bar{B}$ ($\bar{B}$ – интегральное среднее матрицы $B(t)$ на $[0, \omega]$), $\varphi(t, \tau) = K_E(t, \tau)$ (E – единичная матрица).

Доказательство теоремы, а также исследования сходимости, скорости сходимости выполнены в [2], при этом получена оценка

$$\tilde{\Psi}_k \leq N^k (E - N)^{-1} \Psi_0, \quad k = 0, 1, 2, \dots,$$

где $\tilde{\Psi}_k = \text{colon}(\|c - c_k\|, \|z - z_k\|_C, \|y - y_k\|_C)$,

$$E - N = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -\gamma\sigma\omega \\ 0 & 1 & -\frac{1}{2}\gamma\alpha\omega^2 \\ -\frac{\varepsilon\alpha\omega}{2} & -\frac{\varepsilon\alpha\omega}{2} & 1 - \frac{\varepsilon\beta\omega}{2} \end{pmatrix}, \quad \Psi_0 = \text{colon}(\|c_0\|, \|z_0\|_C, \|y_0\|_C).$$

Для иллюстрации применения полученных результатов рассмотрена модельная задача.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Лаптинский, В. Н.** Об одном подходе к отысканию периодических решений дифференциальных уравнений / В. Н. Лаптинский // Вес. АН БССР. Сер. физ.-мат. наук. – 1990. – № 5. – С. 25–30.
2. **Лаптинский, В. Н.** Конструктивный анализ и структурные свойства периодических решений линейных многомерных систем второго порядка с параметром / В. Н. Лаптинский, Ю. М. Гребенцов. – Могилев: Могилев. гос. ун-т продовольствия, 2017. – Ч. 1. – 54 с.

УСЛОВИЯ РАЗРЕШИМОСТИ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ С ЛИНЕЙНЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ УРАВНЕНИЯМИ СОСТОЯНИЙ

В. Г. ЗАМУРАЕВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Рассмотрим метрическое пространство C – множество управлений, вещественное сепарабельное гильбертово пространство F и семейство $\{F(c)\}$, $c \in C$, замкнутых подпространств пространства F . Для каждого управления c зададим билинейную непрерывную коэрцитивную форму $a(c) \in B(F^2(c), \mathbb{R})$ и линейный непрерывный функционал $l(c) \in F^*(c)$. Рассмотрим уравнение

$$u \in F(c), \quad a(c, u, v) = l(c, v) \quad \forall v \in F(c). \quad (1)$$

При выполнении приведенных выше условий уравнение (1) имеет единственное решение $u_0(c)$. Зададим функционал $J(c): F \rightarrow \mathbb{R}$, обозначим $j(c) = J(c, u_0(c))$ и рассмотрим задачу минимизации функционала j на множестве C .

Рассмотрим многозначное отображение $F: C \rightarrow F$, $c \mapsto F(c)$, и пусть $G(F)$ – график этого отображения. Обозначим через $a^*(c)$ форму, сопряжённую $a(c)$.

Примем следующие предположения:

- 1) C – компакт;
- 2) отображение F секвенциально слабо полунепрерывно извне и полунепрерывно изнутри на C ;
- 3) семейство форм $a(c)$ равномерно коэрцитивно;
- 4) семейство функционалов $l(c)$ равномерно ограничено;
- 5) семейство функционалов $J(c)$ равномерно ограничено снизу;
- 6) отображения a и a^* слабо непрерывны по первому аргументу (u) и непрерывны по второму аргументу (v) на $G(F)$;
- 7) отображение l слабо непрерывно на $G(F)$;
- 8) отображение J полунепрерывно снизу на $G(F)$.

Теорема. При выполнении условий 1–8 рассматриваемая задача минимизации имеет решение.

УДК 517.925
 К ЗАДАЧЕ ВАЛЛЕ-ПУССЕНА ДЛЯ МАТРИЧНОГО УРАВНЕНИЯ
 ЛЯПУНОВА ВТОРОГО ПОРЯДКА С ПАРАМЕТРОМ

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

Изучается краевая задача типа [1]

$$\ddot{\mathbf{X}} = \mathbf{A}(t)\dot{\mathbf{X}} + \dot{\mathbf{X}}\mathbf{B}(t) + (\lambda\mathbf{A}_1(t) + \lambda^2\mathbf{P}(t))\mathbf{X} + \mathbf{X}(\lambda\mathbf{B}_1(t) + \lambda^2\mathbf{Q}(t)) + \\ + \lambda(\mathbf{A}_2(t)\dot{\mathbf{X}} + \dot{\mathbf{X}}\mathbf{B}_2(t)) + \mathbf{F}(t), \quad (1)$$

$$\mathbf{X}(0, \lambda) = \mathbf{M}, \quad \mathbf{X}(\omega, \lambda) = \mathbf{N}, \quad \mathbf{X} \in \mathbb{R}^{n \times m}, \quad (2)$$

где $\mathbf{F}(t)$, $\mathbf{P}(t)$, $\mathbf{A}_i(t)$, $\mathbf{B}_i(t)$ ($i = 1, 2$), $\mathbf{P}(t)$, $\mathbf{Q}(t)$ – матрицы класса $\mathcal{C}[0, \omega]$ соответствующих размерностей; $\mathbf{M}, \mathbf{N}$ – заданные вещественные матрицы; $\omega > 0$, $\lambda \in \mathbb{R}$, $\dot{\mathbf{X}} = d\mathbf{X}/dt$.

На основе применения метода [2, гл. 1] получены коэффициентные достаточные условия однозначной разрешимости задачи (1), (2) и алгоритм построения решения.

Обозначения: $\gamma = \|\Phi^{-1}\|$, $\alpha_i = \max_{0 \leq t \leq \omega} \|\mathbf{A}_i(t)\|$, $\beta_i = \max_{0 \leq t \leq \omega} \|\mathbf{B}_i(t)\|$, $\delta_1 = \max_{0 \leq t \leq \omega} \|\mathbf{P}(t)\|$, $\delta_2 = \max_{0 \leq t \leq \omega} \|\mathbf{Q}(t)\|$, $\lambda_U = \max_{0 \leq \tau \leq t \leq \omega} \|\mathbf{U}(t)\mathbf{U}^{-1}(\tau)\|$, $\lambda_V = \max_{0 \leq \tau \leq t \leq \omega} \|\mathbf{V}^{-1}(\tau)\mathbf{V}(t)\|$, $\varepsilon = |\lambda|$;
 $\mathbf{K}_U(\tau, s) = \mathbf{U}(\tau)\mathbf{U}^{-1}(s)$, $\mathbf{K}_V(s, \tau) = \mathbf{V}^{-1}(s)\mathbf{V}(\tau)$, $a = \varepsilon\gamma \frac{\omega^3}{3} \lambda_U^2 \lambda_V^2 (\alpha_1 + \beta_1 + \varepsilon(\delta_1 + \delta_2))$,
 $b = \varepsilon\gamma \frac{\omega^2}{2} \lambda_U^2 \lambda_V^2 (\alpha_2 + \beta_2)$, $\mathbf{U}(t), \mathbf{V}(t)$ – интегральные матрицы уравнений $\dot{\mathbf{U}} = \mathbf{A}(t)\mathbf{U}$, $\mathbf{U}(0) = \mathbf{E}_n$, $\dot{\mathbf{V}} = \mathbf{V}\mathbf{B}(t)$, $\mathbf{V}(0) = \mathbf{E}_m$, $\mathbf{E}_k = \text{diag}(1, 1, \dots, 1)$, Φ – линейный оператор, $\Phi\mathbf{Z}(t) = \int_0^\omega \mathbf{U}(\tau)\mathbf{Z}(t)\mathbf{V}(\tau)d\tau$, $t \neq \tau$, $\|\cdot\|$ – согласованная норма матриц.

По методике [2] задача (1), (2) сведена к эквивалентной интегральной задаче

$$\mathbf{X}(t, \lambda) = \mathbf{M} + \int_0^t \mathbf{Y}(\tau, \lambda) d\tau, \\ \mathbf{Y}(t, \lambda) = \mathbf{U}(t) \left(\Phi^{-1}(\mathbf{N} - \mathbf{M}) \right) \mathbf{V}(t) + \\ + \mathbf{U}(t) \Phi^{-1} \left(\int_0^\omega \mathbf{U}(\tau) \left(\int_\tau^t \mathbf{U}^{-1}(s) \mathbf{H}(s, \lambda) \mathbf{V}^{-1}(s) ds \right) \mathbf{V}(\tau) d\tau \right) \mathbf{V}(t),$$

где $\mathbf{H}(t, \lambda) = (\lambda\mathbf{A}_1(t) + \lambda^2\mathbf{P}(t))\mathbf{X} + \mathbf{X}(\lambda\mathbf{B}_1(t) + \lambda^2\mathbf{Q}(t)) + \lambda(\mathbf{A}_2(t)\mathbf{Y} + \mathbf{Y}\mathbf{B}_2(t)) + \mathbf{F}(t)$.

Теорема. Пусть выполнены условия: оператор Φ однознач-

но обратим,

$$a + b < 1. \quad (3)$$

Тогда задача (1), (2) однозначно разрешима.

Решение задачи получено в виде

$$X(t, \lambda) = X_0(t) + \lambda X_1(t) + \dots + \lambda^k X_k(t) + \dots, \quad (4)$$

$$Y(t, \lambda) = Y_0(t) + \lambda Y_1(t) + \dots + \lambda^k Y_k(t) + \dots, \quad (5)$$

где

$$\begin{aligned} X_0(t) &= \mathbf{M} + \int_0^t \mathbf{U}(\tau) \Phi^{-1} (\mathbf{N} - \mathbf{M}) \mathbf{V}(\tau) d\tau + \\ &+ \int_0^t \mathbf{U}(\varphi) \Phi^{-1} \left(\int_0^\omega \left(\int_\tau^\varphi \mathbf{K}_U(\tau, s) \mathbf{H}_0(s) \mathbf{K}_V(s, \tau) ds \right) d\tau \right) \mathbf{V}(\varphi) d\varphi, \\ Y_0(t) &= \mathbf{U}(t) (\Phi^{-1} (\mathbf{N} - \mathbf{M})) \mathbf{V}(t) + \mathbf{U}(t) \Phi^{-1} \left(\int_0^\omega \left(\int_\tau^t \mathbf{K}_U(\tau, s) \mathbf{H}_0(s) \mathbf{K}_V(s, \tau) ds \right) d\tau \right) \mathbf{V}(t), \\ X_{m+1}(t) &= \int_0^t \mathbf{U}(\varphi) \Phi^{-1} \left(\int_0^\omega \left(\int_\tau^\varphi \mathbf{K}_U(\tau, s) \mathbf{H}_m(s) \mathbf{K}_V(s, \tau) ds \right) d\tau \right) \mathbf{V}(\varphi) d\varphi, \\ Y_{m+1}(t) &= \mathbf{U}(t) \Phi^{-1} \left(\int_0^\omega \left(\int_\tau^t \mathbf{K}_U(\tau, s) \mathbf{H}_m(s) \mathbf{K}_V(s, \tau) ds \right) d\tau \right) \mathbf{V}(t), \quad m = 0, 1, 2, \dots \end{aligned}$$

Установлено, что условие (3) представляет собой условие равномерной сходимости по $t \in [0, \omega]$ рядов (4), (5) в области значений параметра $|\lambda| < \varepsilon_0$, где ε_0 – величина, эффективно определяемая из (3).

Для иллюстрации применения полученных результатов рассмотрена задача об определении распределения температуры в круговой цилиндрической оболочке (см., например, [3]):

$$\frac{d^2 T}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dT}{dr} + \frac{w_0}{\lambda_0} (1 + bT) = 0; \quad T(r_1) = \tilde{T}_1, \quad T(r_2) = \tilde{T}_2, \quad 0 < r_1 < r_2,$$

где w_0 – удельная мощность постоянно действующего внутреннего источника теплоты при $t = 0^\circ\text{C}$; b – экспериментальная постоянная, λ_0 – коэффициент теплопроводности, r_1 и r_2 – внутренний и внешний радиусы стенки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кашпар, А. И.** О построении решения краевой задачи Валле-Пуссена для линейного матричного уравнения Ляпунова второго порядка / А. И. Кашпар // Весн. МДУ імя А. А. Куляшова. Сер. В. Прыродазнаўчыя навукі (матэматыка, фізіка, біялогія). – 2018. – № 2. – С. 45–54.

2. **Лаптинский, В. Н.** Конструктивный анализ управляемых колебательных систем / В. Н. Лаптинский. – Минск: ИМ НАН Беларуси, 1998.

3. Теория тепломассообмена: учебник для вузов / С. И. Исаев [и др.]; под ред. А. И. Леонтьева. – Москва: Высшая школа, 1979. – 495 с.

К ЗАДАЧЕ О ДИНАМИЧЕСКОМ ЛАМИНАРНОМ ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ В АВТОМОДЕЛЬНОМ СЛУЧАЕ

В. Н. ЛАПТИНСКИЙ, А. А. РОМАНЕНКО

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Рассматривается задача (см., например, [1, с. 160]) о динамическом ламинарном пограничном слое для течения жидкости вдоль плоской пластины

$$f''' + \frac{m+1}{2} f f'' + m(1 - f'^2) = 0, \quad (1)$$

$$f(0) = f'(0) = 0, \quad f'(\infty) = 1. \quad (2)$$

Аналитическое решение этой задачи получено только в случае пластины, обтекаемой в продольном направлении ($m = 0$) – безградиентное обтекание; m – параметр, характеризующий скорость потенциального течения.

В данной работе, являющейся продолжением и развитием [2, 3], в градиентном случае для значений $0 \leq m < 1/3$ получено сравнительно простое приближенное численно-аналитическое решение задачи (1), (2) в виде

$$f(\eta) = \lambda \int_0^\eta (\eta - \tau) \exp \left(- \left(\frac{b}{\lambda} \tau + \left(\frac{b}{\lambda} \right)^2 \frac{\tau^2}{2!} + \left(2 \left(\frac{b}{\lambda} \right)^3 + (a - 2b) \lambda \right) \frac{\tau^3}{3!} \right) \right) d\tau, \quad (3)$$

где $a = (m+1)/2$, $b = m$, $\lambda = f''(0)$.

Значения $\lambda = \lambda(m)$ вычисляются из трансцендентного уравнения

$$\lambda \int_0^\infty \exp \left(- \left(\varphi(0) \tau + \frac{\varphi'(0)}{2!} \tau^2 + \frac{\varphi''(0)}{3!} \tau^3 + \dots + \frac{\varphi^{(VIII)}(0)}{9!} \tau^9 \right) \right) d\tau - 1 = 0,$$

где величины $\varphi^{(i)}(0)$, $i = \overline{0,8}$ определяются на основе решения вспомогательной задачи

$$\frac{d\varphi}{d\eta} = \varphi^2 - a f \varphi + (a - 2b) \frac{df}{d\eta}, \quad \varphi(0) = \frac{b}{\lambda}$$

по известной методике последовательного дифференцирования с использованием (1), (2). С целью наглядной иллюстрации и сравнения эффективности приближения (3) для $m = 0,25$ на рис. 1 приведены графики (точно-

го) численного решения задачи (1), (2) и его первых двух производных, а также графики приближенного решения и соответствующих производных. Все расчеты выполнены для общепринятого в научной литературе промежутка $0 \leq \eta \leq 8,8$. Однако соответствующие графики построены для практически значимых промежутков.

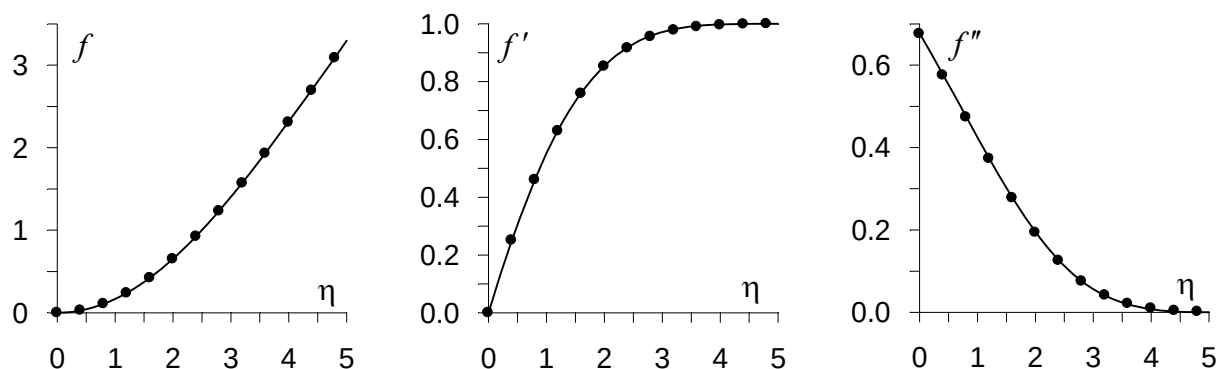


Рис. 1. Графики $f(\eta)$, $f'(\eta)$ и $f''(\eta)$ для $m = 0,25$ (точки соответствуют точному решению, сплошная линия – приближению (3))

Приближение (3) для функции $f(\eta)$ и ее первой производной обеспечивает погрешность не более 0,5 % в промежутке $0 \leq t \leq 8,8$. Вторая производная достаточно быстро убывает, поэтому по величине относительной погрешности трудно судить о качестве приближения. Полученное приближенное решение использовано для расчетов охлаждающей способности кристаллизаторов при непрерывном литье металлов и сплавов, а именно для расчетов толщин динамического и теплового пограничных слоев, локального коэффициента теплоотдачи, касательного напряжения на стенке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шлихтинг, Г. Теория пограничного слоя / Г. Шлихтинг. – Москва: Наука, 1974.
2. Лаптинский, В. Н. К решению задачи о динамическом ламинарном пограничном слое в автомоделном случае / В. Н. Лаптинский, А. А. Романенко // Еругинские чтения – 2014: тез. докл. XVI Междунар. науч. конф. по дифференц. уравнениям, Новополюцк, 20–22 мая 2014 г.: в 2 ч. – Минск: Ин-т математики НАН Беларуси, 2014. – Ч. 2. – С. 65–66.
3. Лаптинский, В. Н. Об одном аналитическом методе решения задачи о динамическом ламинарном пограничном слое в автомоделном случае / В. Н. Лаптинский // Ученые записки ЦАГИ. – 2013. – Т. XLIV, № 5. – С. 72–93.

УДК 517.927.4
 К ТЕОРИИ ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ МАТРИЧНОГО
 УРАВНЕНИЯ ЛЯПУНОВА ВТОРОГО ПОРЯДКА С ПАРАМЕТРОМ

В. А. ЛИВИНСКАЯ
 Белорусско-Российский университет
 Могилев, Беларусь

Изучается задача о периодических решениях с периодом ω уравнения

$$\ddot{X} = \lambda A(t)X + \lambda^2 (P(t)X + XB(t)) + F_0(t) + \lambda F_1(t) + \lambda^2 F_2(t), \quad X \in \mathbb{R}^{n \times m}, \quad (1)$$

где $A(t)$, $B(t)$, $P(t)$, $F_i(t)$ ($i=0,1$) – непрерывные ω -периодические матрицы соответствующих размерностей, $\lambda \in \mathbb{R}$, $\dot{X} = dX/dt$.

Данная работа является продолжением [1] и развитием [2–4]. На основе применения метода [5, гл. II] получены коэффициентные достаточные условия однозначной разрешимости задачи, оценка области локализации и алгоритм построения решения.

Вместо задачи (1) рассматривается эквивалентная краевая задача

$$dX/dt = Y, \quad (2)$$

$$dY/dt = \lambda A(t)X + \lambda^2 (P(t)X + XB(t)) + F_0(t) + \lambda F_1(t) + \lambda^2 F_2(t), \quad (3)$$

$$X(0, \lambda) = X(\omega, \lambda), \quad Y(0, \lambda) = Y(\omega, \lambda). \quad (4)$$

Задача (2)–(4) по методике [5] сведена к эквивалентной системе матричных интегральных уравнений, для анализа которой используется модификация обобщенного принципа сжимающих отображений [6].

Приняты следующие обозначения:

$$\tilde{A}(\omega) = \int_0^\omega A(\tau) d\tau, \quad \gamma = \|\tilde{A}^{-1}(\omega)\|, \quad \varepsilon = |\lambda|, \quad \alpha = \max_t \|A(t)\|, \quad \beta = \max_t \|B(t)\|,$$

$$\mu = \max_t \|P(t)\|, \quad h_i = \max_t \|F_i(t)\|, \quad q_1 = \frac{1}{4} \gamma \alpha^2 \omega^3 + \gamma(\beta + \mu)\omega, \quad q_2 = \frac{1}{4} \gamma \alpha(\beta + \mu)\omega^3,$$

$$q(\varepsilon) = \varepsilon q_1 + \varepsilon^2 q_2, \quad K(\varepsilon) = \frac{1}{2} \varepsilon \omega [\alpha + \varepsilon(\beta + \mu)],$$

$$H(\varepsilon) = \gamma \omega \left(\frac{1}{4} \alpha \omega^2 + \frac{1}{\varepsilon} \right) (h_0 + \varepsilon h_1 + \varepsilon^2 h_2),$$

где $t \in [0, \omega]$, $\|\cdot\|$ – согласованная норма матриц.

Теорема. Пусть выполнено условие $\det \tilde{A}(\omega) \neq 0$. Тогда при $0 < |\lambda| < 2/(q_1 + \sqrt{q_1^2 + 4q_2})$ решение $X(t, \lambda), Y(t, \lambda)$ задачи (2)–(4) существует и единственно; оно представимо в виде

$$X(t, \lambda) = \sum_{k=0}^{\infty} \lambda^{k-1} X_{k-1}(t), \quad (5)$$

$$Y(t, \lambda) = \sum_{k=0}^{\infty} \lambda^k Y_k(t), \quad (6)$$

где матрицы $X_{k-1}(t), Y_k(t)$ определены рекуррентными интегральными соотношениями типа [2, 3].

Изучены вопросы сходимости, скорости сходимости рядов (5), (6), при этом получены оценки

$$\|X(t, \lambda)\| \leq \frac{H(\varepsilon)}{1 - q(\varepsilon)},$$

$$\|Y(t, \lambda)\| \leq \frac{K(\varepsilon)H(\varepsilon)}{1 - q(\varepsilon)} + \frac{1}{2} \omega(h_0 + \varepsilon h_1 + \varepsilon^2 h_2).$$

В случае, когда $\int_0^{\omega} F_0(\tau) d\tau = 0$, проведен анализ задачи с точки зрения теории возмущений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Лаптинский, В. Н.** О структуре периодических решений матричного уравнения Ляпунова второго порядка с параметром / В. Н. Лаптинский, В. А. Ливинская // Шестые Богдановские чтения по обыкновенным дифференциальным уравнениям: материалы Междунар. мат. конф. – 2015. – Ч. 1. – С. 77–78.
2. **Лаптинский, В. Н.** Об аналитической структуре периодических решений матричного дифференциального уравнения типа Ляпунова / В. Н. Лаптинский, В. А. Ливинская // Дифференц. уравнения. – 2000. – Т. 36, № 9. – С. 1290–1291.
3. **Лаптинский, В. Н.** К теории периодических решений матричного дифференциального уравнения второго порядка типа Ляпунова / В. Н. Лаптинский, В. А. Ливинская // Дифференц. уравнения. – 2002. – Т. 38, № 8. – С. 1133–1134.
4. **Ливинская, В. А.** К построению периодических решений матричного уравнения Ляпунова второго порядка с параметром / В. А. Ливинская // Еругинские чтения – 2014: тез. докл. XVI Междунар. науч. конф. по дифференц. уравнениям: в 2 ч. – 2014. – Ч. 1. – С. 66–67.
5. **Лаптинский, В. Н.** Конструктивный анализ управляемых колебательных систем / В. Н. Лаптинский. – Минск: ИМ НАН Беларуси, 1998.
6. Приближённое решение операторных уравнений / М. А. Красносельский [и др.]. – Москва: Наука, 1969. – 456 с.

И. И. МАГЛЕВАННЫЙ, Т. И. КАРЯКИНА

Волгоградский государственный
социально-педагогический университет
Волгоград, Россия

Искусственно выращенные квазидвумерные структуры – латеральные сверхрешетки – могут служить эффективным средством усиления слабых информационных сигналов [1]. В данной работе проводится идея оптимизации передачи низкочастотного сигнала путем настройки мультстабильного фильтра на основе латеральной сверхрешетки под влиянием высокочастотного периодического воздействия – эмулятора шума (вибрационный резонанс [2]). Используемая эквивалентная электрическая схема (см. [1]) содержит сверхрешетку поперечного (в направлении OY) размера L , зашунтированную сопротивлением R , входной информационный сигнал – источник напряжения $U(t) = U_0 \cos \Omega t$, высокочастотное внешнее воздействие $\delta U(t) = W_0 \cos(k\Omega t)$, где $k \gg 1$, и источник тянущего постоянного поля E_x (оси OX и OY направлены под углом 45° по отношению к главным осям $[01]$ и $[02]$ простой квадратной решетки с периодом d). Параметром порядка служит спонтанное поперечное электрическое поле E_y , определяющее отклик системы – выходной сигнал $U_{AB} = LE_y$. Внутренними управляющими параметрами являются тянущее поле E_x и температура образца T .

Определим масштабные множители – единицы измерения напряженности электрического поля $E_0 = \hbar / (e\tau_0 d)$, проводимости $\sigma_0 = ne^2 \Delta^2 \tau_0 / \hbar^2$, плотности тока $j_0 = E_0 \sigma_0$, температуры $T_0 = \Delta / k_B$, частоты $\Omega_0 = 4\pi\sigma_0 / \varepsilon$, и времени $t_0 = \varepsilon / (4\pi\sigma_0)$. Здесь τ_0 – время релаксации квазиимпульса, 2Δ – ширина зоны проводимости, n – концентрация (далее – невырожденных) носителей заряда, k_B – постоянная Больцмана. В нормализованных переменных уравнение динамики параметра порядка имеет вид [1]:

$$\frac{dE_y}{dt} = -\frac{\partial \Phi}{\partial E_y} + rA_0 \cos \Omega t + rB_0 \cos(k\Omega t), \quad E_y|_{t=0} = E_{y0},$$

где Φ – синергетический потенциал [1],

$$\Phi(E_y, E_x, T) = \frac{I_1(1/2T)}{4I_0(1/2T)} \ln[(1 + E_x^2 + E_y^2)^2 - 4E_x^2 E_y^2] + r \frac{E_y^2}{2},$$

$A_0 = \frac{U_0}{E_0 L}$; $B_0 = \frac{W_0}{E_0 L}$; $r = \frac{R_{cp}}{R}$; $R_{cp} = \frac{L^2 E_0^2 \tau_0}{V \Delta n}$; V – объем образца; $I_n(z)$ – модифицированная функция Бесселя.

Потенциал Φ при некоторых значениях управляющих параметров является мультстабильным. На рис. 1, *а* представлены результаты компьютерного моделирования бифуркационного множества (сепаратрисы) для потенциала Φ . Плоскость управляющих параметров разбивается на открытые подмножества I, II, в каждом из которых схематически представлены профили потенциала, которые являются одноямыми или двуямыми соответственно. Вдоль сепаратрисы точки минимума становятся вырожденными (например, в точках A и C). В этих точках достигается резонансный максимум отклика при $B_0 = 0$ [1].

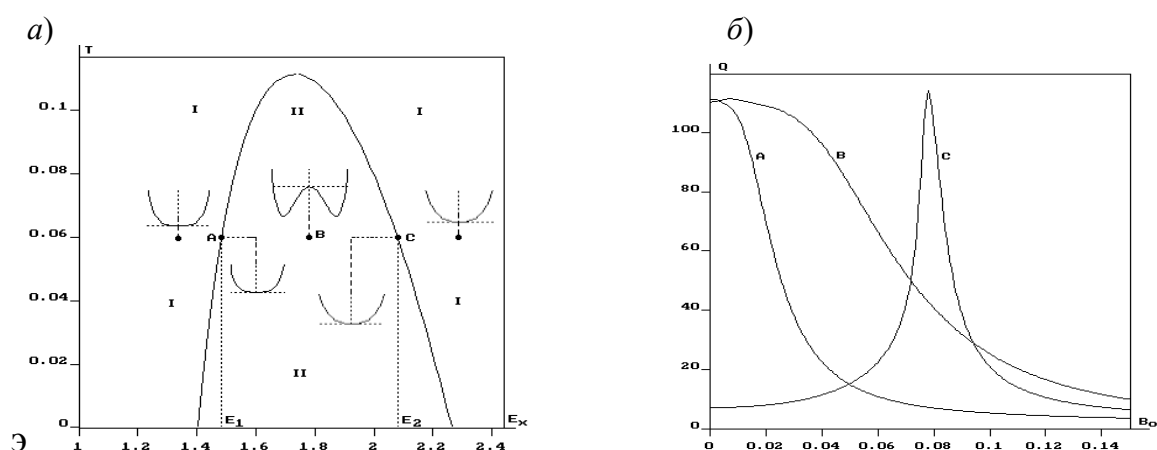


Рис 1. Результаты компьютерного моделирования: *а* – бифуркационное множество синергетического потенциала при $r=0,11$; *б* – зависимость амплитудного коэффициента от амплитуды B_0 при $r=0,11$, $T=0,06$ (обозначения кривых соответствуют значениям параметров, которые представлены соответствующими точками на рис. 1, *а*)

Для характеристики фильтрационных свойств системы используем амплитудный коэффициент на основной частоте $Q = \sqrt{B_s^2 + B_c^2} / A_0$ (где B_s и B_c – синус- и косинус-компоненты выходного сигнала) [1].

Численные эксперименты показали, что отклик системы может быть оптимизирован выбором подходящего значения амплитуды B_0 при фиксированных значениях управляющих параметров – эффект классического вибрационного резонанса в бистабильной системе [2]. Ситуация проиллюстрирована на рис. 1, *б*, кривая C.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Maglevanny, I. I.** Weak signals amplification through controlled bifurcations in quasi-two-dimensional electron gas / I. I. Maglevanny, V. A. Smolar, T. I. Karyakina // Нелинейная динамика. – 2018. – Т. 14, № 4. – С. 453–472.
2. **Landa, P. S.** Vibrational resonance / P. S. Landa, P. V. E. McClintock // J. Phys. A: Math. Gen. – 2000. – Vol. 33. – P. L433–L238.

К РАЗРЕШИМОСТИ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ МАТРИЧНОГО УРАВНЕНИЯ ЛЯПУНОВА – РИККАТИ С ПАРАМЕТРОМ

О. А. МАКОВЕЦКАЯ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Рассматривается задача

$$\frac{dX}{dt} = A(t)X + XB(t) + \lambda XQ(t)X + \lambda F(t, X), \quad X(t) \in \mathbb{R}^{n \times n}, \quad (1)$$

$$X(0, \lambda) = X(\omega, \lambda), \quad (2)$$

где $t \in I$, $A, B, Q \in \mathbb{C}(I, \mathbb{R}^{n \times n})$, $F \in \mathbb{C}(D_{\tilde{\rho}}, \mathbb{R}^{n \times n})$, $I = [0, \omega]$, $\omega > 0$, $\lambda \in \mathbb{R}$, $0 < \tilde{\rho} \leq \infty$.

Предполагается, что матрица-функция $F(t, X)$ в области $D_{\tilde{\rho}} = \{(t, X) : t \in I, \|X\| < \tilde{\rho}\}$ удовлетворяет относительно X условию Липшица (локально); $F(t, 0) \not\equiv 0$.

Двухточечная краевая задача при $Q = 0$, $\lambda = 1$ качественными методами исследовалась в [1], конструктивными методами [2] – в [3], с периодическими краевыми условиями – в [4].

В данной работе на основе применения конструктивного метода [5] по исходным данным задачи (1), (2) получены достаточные условия ее однозначной разрешимости, а также оценка области локализации решения.

Введем следующие обозначения:

$$D_{\rho} = \{(t, X) : 0 \leq t \leq \omega, \|X\| \leq \rho\}, \quad M = \int_0^{\omega} A(\tau) d\tau,$$

$$N = -\int_0^{\omega} B(\tau) d\tau, \quad \gamma = \|\Phi^{-1}\|, \quad \alpha = \max_t \|A(t)\|, \quad \beta = \max_t \|B(t)\|,$$

$$\delta = \max_t \|Q(t)\|, \quad h = \max_t \|F(t, 0)\|,$$

$$\varphi(\rho) = \gamma \varepsilon \delta \omega \left[1 + \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \omega \right] \rho^2 + \gamma \omega \left[\varepsilon L + \frac{1}{2}(\alpha + \beta)(\alpha + \beta + \varepsilon L) \omega \right] \rho +$$

$$+ \varepsilon \gamma \omega h \left[1 + \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \omega \right], \quad \varphi_1(\rho) = \varepsilon \gamma \omega (\delta \rho^2 + L \rho + h),$$

$$\varphi_2(\rho) = \frac{1}{2} \gamma (\alpha + \beta) \omega^2 [\varepsilon \delta \rho^2 + (\alpha + \beta + \varepsilon L) \rho + \varepsilon h].$$

$$q(\rho) = \gamma \varepsilon \delta \omega [(\alpha + \beta) \omega + 2] \rho + \frac{1}{2} \gamma (\alpha + \beta) (\alpha + \beta + \varepsilon L) \omega^2 + \gamma \varepsilon L \omega,$$

где $0 < \rho < \tilde{\rho}$, $t \in I$, $\varepsilon = |\lambda|$, $L = L(\rho) > 0$ – постоянная Липшица для $F(t, X)$ в области D_ρ , Φ – линейный оператор, $\Phi Z = MZ - ZN$, $\|\cdot\|$ – согласованная в смысле [6, с. 410] норма матриц.

Теорема. Пусть матрицы M, N не имеют общих характеристических чисел, а также выполнены следующие условия:

$$\varphi(\rho) \leq \rho, \quad q(\rho) < 1. \quad (3)$$

Тогда в области D_ρ решение $X(t, \lambda)$ задачи (1), (2) существует и единственно. Это решение представимо в виде $X(t, \lambda) = C + Y(t, \lambda)$, где C – постоянная матрица, $Y(t, \lambda)$ – матрица, подчиненная условиям

$Y(0, \lambda) = Y(\omega, \lambda)$, $\int_0^\omega [A(\tau)Y(\tau, \lambda) + Y(\tau, \lambda)B(\tau)]d\tau = 0$, при этом справедливы оценки $\|C\| \leq \varphi_1(\rho)$, $\|Y(t, \lambda)\| \leq \varphi_2(\rho)$.

Для построения решения разработан алгоритм в виде рекуррентных интегральных соотношений, согласно которым оно представимо как предел равномерно сходящейся последовательности матричных функций, удовлетворяющих условию (2). Дана оценка области значений параметра λ , допустимых условиями (3).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Murty, K. N.** Two (multi) point nonlinear Lyapunov systems – existence and uniqueness / K. N. Murty, G. W. Howell, S. Sivasundaram // Journ. Mathem. Anal. and Appl. – 1992. – Vol. 167. – P. 505–515.
2. **Лаптинский, В. Н.** Конструктивный анализ управляемых колебательных систем / В. Н. Лаптинский. – Минск: ИМ НАН Беларуси, 1998. – 300 с.
3. **Лаптинский, В. Н.** К конструктивному анализу двухточечной краевой задачи для нелинейного уравнения Ляпунова / В. Н. Лаптинский, И. И. Маковецкий // Дифференц. уравнения. – 2005. – Т. 41, № 7. – С. 994–996.
4. **Лаптинский, В. Н.** О периодических решениях нелинейных матричных дифференциальных уравнений / В. Н. Лаптинский // Вес. АН БССР. Сер. фіз.-мат. навук. – 1997. – № 4. – С. 14–18.
5. **Лаптинский, В. Н.** Об одном подходе к отысканию периодических решений дифференциальных уравнений / В. Н. Лаптинский // Вес. АН БССР. Сер. фіз.-мат. навук. – 1990. – № 5. – С. 25–30.
6. **Гантмахер, Ф. Р.** Теория матриц / Ф. Р. Гантмахер. – Москва: Наука, 1967. – 576 с.

УДК 517.927.4
 К ПОСТРОЕНИЮ РЕШЕНИЯ ДВУХТОЧЕЧНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ
 ДЛЯ МАТРИЧНОГО УРАВНЕНИЯ ЛЯПУНОВА С ПАРАМЕТРОМ

И. И. МАКОВЕЦКИЙ
 Белорусско-Российский университет
 Могилев, Беларусь

Рассматривается краевая задача

$$\frac{dX}{dt} = \lambda (A(t)X + XB(t) + F(t, X)), \quad X \in \mathbb{R}^{n \times n}, \quad (1)$$

$$MX(0) + NX(\omega) = 0, \quad (2)$$

где $A, B \in \mathbb{C}(I, \mathbb{R}^{n \times n})$, $F \in \mathbb{C}(D_{\tilde{\rho}}, \mathbb{R}^{n \times n})$, $I = [0, \omega]$, $D_{\tilde{\rho}} = \{(t, X) : t \in I, \|X\| < \tilde{\rho}\}$, $\omega > 0$, $0 < \tilde{\rho} \leq \infty$, $\lambda \in \mathbb{R}$, функция $F(t, X)$ удовлетворяет в $D_{\tilde{\rho}}$ относительно X условию Липшица (локально), M, N – вещественные $(n \times n)$ -матрицы.

Эта задача качественными методами исследовалась в [1]. Данная работа является продолжением и развитием [2, 3]. С помощью конструктивного метода [4] получены в терминах задачи (т. е. по ее исходным данным) достаточные условия однозначной разрешимости, алгоритм построения решения, а также оценка его области локализации.

Примем следующие обозначения:

$$D_{\rho} = \{(t, X) : t \in I, \|X\| \leq \rho\}, \quad \alpha = \max_t \|A(t)\|, \quad \beta = \max_t \|B(t)\|,$$

$$h = \max_t \|F(t, 0)\|, \quad \mu = \max\{\|M\|, \|N\|\}, \quad \gamma = \|\Phi^{-1}\|, \quad q = \gamma\mu(\alpha + \beta + L)\omega,$$

$$p = \gamma\mu\omega h, \quad \|X\|_c = \max_t \|X(t)\|, \quad \varepsilon = |\lambda|, \quad \varepsilon_0 = \frac{\rho}{q\rho + p},$$

где $\Phi = M + N$, $0 < \rho < \tilde{\rho}$, $L = L(\rho) > 0$ – постоянная Липшица для $F(t, X)$ в D_{ρ} , $\|\cdot\|$ – согласованная норма матриц, например, любая из норм, приведенных в [5, с. 21], $\mathbb{C} = \mathbb{C}(I, \mathbb{R}^{n \times n})$ – банахово пространство непрерывных $(n \times n)$ -матриц.

Теорема. Пусть выполнено условие $\det \Phi \neq 0$. Тогда при $|\lambda| \leq \varepsilon_0$ решение задачи (1), (2) в области D_{ρ} существует и единственно. Это решение представимо как предел равномерно сходящейся последовательности матричных функций, определяемых рекуррентным интегральным соот-

ношением и удовлетворяющих условию (2), при этом справедлива оценка $\|X\|_C \leq \varepsilon p / (1 - \varepsilon q)$.

Это рекуррентное соотношение представляет собой итерационный алгоритм с вычислительной схемой классического метода последовательных приближений (например, [6, с. 605]):

$$X_k(t) = \lambda \Phi^{-1} \left\{ M \int_0^t [A(\tau) X_{k-1}(\tau) + X_{k-1}(\tau) B(\tau) + F(\tau, X_{k-1}(\tau))] d\tau - \right. \\ \left. - N \int_t^\omega [A(\tau) X_{k-1}(\tau) + X_{k-1}(\tau) B(\tau) + F(\tau, X_{k-1}(\tau))] d\tau \right\}, \quad k = 1, 2, \dots, \quad (3)$$

где $X_0(t)$ – произвольная функция класса $\mathbb{C}(I, \mathbb{R}^{n \times n})$, принадлежащая шару $\|X\|_C \leq \rho$. При этом все последовательные приближения удовлетворяют краевому условию (2). Изучены вопросы сходимости, скорости сходимости алгоритма (3).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Murty, K. N.** Two (multi) point nonlinear Lyapunov systems – existence and uniqueness / K. N. Murty, G. W. Howell, S. Sivasundaram // Journal of mathematical analysis and applications. – 1992. – P. 505–515.
2. **Лаптинский, В. Н.** К конструктивному анализу двухточечной краевой задачи для нелинейного уравнения Ляпунова / В. Н. Лаптинский, И. И. Маковецкий // Дифференц. уравнения. – 2005. – Т. 41, № 7. – С. 994–996.
3. **Лаптинский, В. Н.** Матричные дифференциальные уравнения Ляпунова и Риккати / В. Н. Лаптинский, И. И. Маковецкий, В. В. Пугин. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2012. – 167 с.
4. **Лаптинский, В. Н.** Конструктивный анализ управляемых колебательных систем / В. Н. Лаптинский. – Минск: ИМ НАН Беларуси, 1998. – 300 с.
5. **Демидович, Б. П.** Лекции по математической теории устойчивости / Б. П. Демидович. – Москва: Наука, 1967. – 472 с.
6. **Канторович, Л. В.** Функциональный анализ / Л. В. Канторович, Г. П. Акилов. – Москва: Наука, 1977. – 744 с.

С. В. ПОДОЛЯН

Могилевский государственный университет продовольствия
Могилев, БеларусьИсследуется задача о периодических решениях с периодом ω уравнения

$$\frac{dX}{dt} = \lambda^2 A(t)X + X(\lambda B(t) + \lambda^2 C(t)) + \lambda F(t), \quad X \in \mathbb{R}^{n \times m}, \quad (1)$$

где $A(t)$, $B(t)$, $C(t)$, $F(t)$ – действительные непрерывные ω – периодические матрицы подходящих размерностей, $\lambda \in \mathbb{R}$.

В данной работе, являющейся продолжением [1] и развитием [2–4], на основе применения метода [5, гл. 2] получены коэффициентные достаточные условия существования и единственности ω -периодического решения уравнения (1), а также предложен алгоритм его построения.

Введены следующие обозначения:

$$\tilde{B}(\omega) = \int_0^\omega B(\tau) d\tau, \quad \gamma = \|\tilde{B}^{-1}(\omega)\|, \quad \varepsilon = |\lambda|, \quad \alpha = \max_t \|A(t)\|, \quad \beta = \max_t \|B(t)\|,$$

$$\mu = \max_t \|C(t)\|, \quad h = \max_t \|F(t)\|, \quad q_1 = \frac{1}{2}\gamma\beta^2\omega^2 + \gamma\omega(\alpha + \mu), \quad q_2 = \frac{1}{2}\gamma\beta(\alpha + \mu)\omega^2,$$

$$q(\varepsilon) = q_1\varepsilon + q_2\varepsilon^2, \quad H(\varepsilon) = \frac{1}{2}\gamma\omega h(\beta\omega\varepsilon + 2), \quad t \in [0; \omega].$$

Теорема 1. Пусть выполнено условие $\det \tilde{B}(\omega) \neq 0$. Тогда при $|\lambda| < 2/\left(q_1 + \sqrt{q_1^2 + 4q_2}\right)$ уравнение (1) имеет единственное ω -периодическое решение $X = X(t, \lambda)$; это решение представимо в виде ряда

$$X(t, \lambda) = \sum_{k=0}^{\infty} \lambda^k X_k(t), \quad (2)$$

сходящегося равномерно по $t \in \mathbb{R}$, где матрицы $X_k(t)$ определены рекуррентным интегральным соотношением типа [5, гл. 2], при этом справедлива оценка

$$\|X(t, \lambda)\| \leq \frac{H(\varepsilon)}{1 - q(\varepsilon)}. \quad (3)$$

По методу [5] аналогичная задача исследуется для уравнения

$$\frac{dX}{dt} = \lambda^2 A(t)X + \lambda XB(t) + F_0(t) + \lambda F_1(t), \quad X \in \mathbb{R}^{n \times m}. \quad (4)$$

Дополнительные обозначения:

$$\tilde{q}_1 = \frac{1}{2}\gamma\beta^2\omega^2 + \gamma\omega\alpha, \quad \tilde{q}_2 = \frac{1}{2}\gamma\beta\alpha\omega^2, \quad \tilde{q}(\varepsilon) = \tilde{q}_1\varepsilon + \tilde{q}_2\varepsilon^2, \quad h_i = \max_t \|F_i(t)\|,$$

$$\tilde{H}(\varepsilon) = \frac{1}{2\varepsilon}\gamma\omega(h_0 + \varepsilon h_1)(\beta\omega\varepsilon + 2).$$

Теорема 2. Пусть выполнено условие $\det \tilde{B}(\omega) \neq 0$. Тогда при $0 < |\lambda| < 2/(\tilde{q}_1 + \sqrt{\tilde{q}_1^2 + 4\tilde{q}_2})$ уравнение (4) имеет единственное ω -периодическое решение $X = X(t, \lambda)$; это решение представимо в виде ряда

$$X(t, \lambda) = \frac{1}{\lambda} X_{-1}(t) + \sum_{k=0}^{\infty} \lambda^k X_k(t), \quad (5)$$

сходящегося равномерно по $t \in \mathbb{R}$, где матрицы $X_k(t)$ определены рекуррентным интегральным соотношением типа [5, гл. 2], при этом справедлива оценка

$$\|X(t, \lambda)\| \leq \frac{\tilde{H}(\varepsilon)}{1 - \tilde{q}(\varepsilon)}. \quad (6)$$

Замечание – Условия существования и единственности ω -периодического решения уравнения (4) следуют из теоремы 1 при $C(t) \equiv 0$ ($\mu = 0$), однако у уравнений (1), (4) структура решений (2), (5) и их оценки (3), (6) различны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Подольян, С. В.** О построении периодических решений матричного уравнения Ляпунова с параметром / С. В. Подольян // Еругинские чтения – 2014: тез. докл. Междунар. науч. конф., Новополоцк, 20–22 мая 2014 г.: в 2 ч. – Новополоцк: Ин-т математики НАН Беларуси, 2014. – Ч. 1. – С. 71–72.
2. **Лаптинский, В. Н.** Конструктивный анализ периодических решений матричного дифференциального уравнения типа Ляпунова / В. Н. Лаптинский, В. К. Лапковский, С. В. Подольян. – Могилев: МГУП, 2004.
3. **Лаптинский, В. Н.** О периодических решениях линейного матричного уравнения Ляпунова с параметром / В. Н. Лаптинский, В. К. Лапковский, С. В. Подольян // Весн. МДУ імя А. А. Куляшова. Сер. В. – 2012. – № 2 (40). – С. 4–11.
4. **Подольян, С. В.** К построению периодических решений матричного уравнения Ляпунова с параметром / С. В. Подольян // Шестые Богдановские чтения по обыкновенным дифференциальным уравнениям: материалы Междунар. мат. конф. – 2015. – Ч. 1. – С. 83.
5. **Лаптинский, В. Н.** Конструктивный анализ управляемых колебательных систем / В. Н. Лаптинский. – Минск: ИМ НАН Беларуси, 1998.

УДК 534.535
 НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ
 СПЕКТРАЛЬНОЙ РЕФЛЕКТОМЕТРИИ МДП-СТРУКТУР

И. У. ПРИМАК, А. В. ХОМЧЕНКО
 Белорусско-Российский университет
 Могилев, Беларусь

Численное моделирование решения обратной задачи определения толщин и комплексных диэлектрических проницаемостей МДП-структур на основе метода спектральной рефлектометрии (в измерительной схеме интерферометра Майкельсона) продемонстрировало, что данная задача становится некорректной в практически важном диапазоне толщин слоев. В этом сообщении рассмотрены возможности регуляризации обратной задачи. Запишем регуляризирующий функционал S некорректной обратной задачи, который представляет собой сумму функционала невязки и стабилизирующего функционала с неизвестным параметром α [1]:

$$S = S_0 + \alpha P, \quad S_0(\mathbf{z}) = \sum_{i=1}^n \left(R_i^e - R(\lambda_i, \mathbf{z}) \right)^2, \quad P = |\mathbf{z} - \mathbf{z}^0|, \quad \mathbf{z} = (z_j), \quad \mathbf{z}^0 = (z_j^0), \quad j = \overline{1, \nu}, \quad (1)$$

где $S = S(\mathbf{z})$, R_i^e и $R(\lambda_i, \mathbf{z})$ – измеренные и рассчитанные значения коэффициентов отражения от многослойной структуры для длины волны излучения λ_i , $\mathbf{z}$ – вектор параметров модели структуры, которые необходимо определить, $\mathbf{z}^0$ – вектор начальных приближений этих параметров.

Определение вектора параметров $\mathbf{z}$ осуществляется при минимизации функционала (1). При этом параметры определяются с погрешностями, обусловленными погрешностями регистрации коэффициента отражения, а также использованием стабилизирующего функционала:

$$\Delta_j = \Delta_j^c + \Delta_j^s, \quad j = \overline{1, \nu}.$$

Оценим систематические погрешности вызванные использованием стабилизирующего функционала, полагая $\alpha \ll 1$

$$\Delta_j^c \approx \alpha \partial z_j / \partial \alpha = -\alpha \sum_{k=1}^{\nu} \left(M_{kj} \right)^{-1} \left[z_k' - z_k^0 \right], \quad j = \overline{1, \nu}, \quad (2)$$

где $\left(M_{kj} \right)^{-1}$ – обратная матрица для матрицы

$$M_{kj} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial R}{\partial z_k}(\lambda_i, \mathbf{z}') \frac{\partial R}{\partial z_j}(\lambda_i, \mathbf{z}') + \alpha \delta_{kj}, \quad k, j = \overline{1, \nu},$$

$\mathbf{z}' = (z_j')$ – решение задачи минимизации функционала (1) при заданном значении α , δ_{kj} – символ Кронекера.

Точность формул (2) тем выше, чем ближе решение $\mathbf{z}'$ к точному решению (т. е. к решению в отсутствии погрешностей). Случайные погрешности определим как

$$\Delta_j^s = \sum_{k=1}^v (M_{kj})^{-1} \left[\sum_{i=1}^n \Delta R_i \frac{\partial R}{\partial z_k} (\lambda_i, \mathbf{z}') \right], \quad j = \overline{1, v},$$

где ΔR_i – погрешности регистрации коэффициента отражения для заданной длины волны λ_i .

Отметим, что модули погрешностей Δ_j^s ($j = \overline{1, v}$) с уменьшением α монотонно возрастают и достигают максимума при $\alpha = 0$. В тоже время, модули погрешностей Δ_j^c ($j = \overline{1, v}$) зависят от α немонотонно. Данные величины достигают минимумов при нескольких значениях α (среди них $\alpha = 0$). Очевидно, имеет смысл выбирать оптимальное значение α_{opt} среди этих значений (исключая случай $\alpha = 0$, т. к. в этом случае получим максимум случайной погрешности). При этом, в соответствии с [1] практически осуществлять поиск α_{opt} , анализируя величину $|\Delta^c| \approx |\alpha \partial \mathbf{z} / \partial \alpha|$, где $\Delta^c = (\Delta_j^c)$ ($j = \overline{1, v}$).

В целях оценки эффективности предлагаемого подхода выполнено численное моделирование отражения света от структур SiO₂-Au-Si с последующим решением регуляризированной обратной задачи. Рассмотрено отражение света в диапазоне длин волн от 300 до 800 нм. Экспериментальные данные моделировались добавлением к расчетной зависимости коэффициента отражения погрешностей, распределенных по нормальному закону со средним квадратическим отклонением 0,005. Зависимости диэлектрической проницаемости SiO₂, Au и Si от длины волны определялись на основе дисперсионной формулы Коши, аналитической модели критических точек [2] и данных [3] соответственно. Это позволило сформулировать шестнадцатипараметрическую модель многослойной структуры, параметры которой вычислялись при минимизации функционала (1).

Регуляризация обратной задачи, поиск оптимального значения α_{opt} продемонстрировали возможность снижения погрешностей определения параметров слоев более чем в 3 раза. В частности, слои SiO₂ и Au с толщинами соответственно 100 и 30 нм определялись с погрешностями ~ 1 % по толщине и менее 10 % по диэлектрической проницаемости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Тихонов, А. Н.** Методы решения некорректных задач / А. Н. Тихонов, В. Я. Арсенин. – Москва: Наука, 1979. – 285 с.
2. **Etchegoin, P. G.** An analytic model for the optical properties of gold / P. G. Etchegoin, E. C. Le Ru, M. Meyer // J. Chem. Phys. – 2006. – № 125. – P. 1–3.
3. **Polyanskiy, M. N.** Refractive index database [Electronic resource] / M. N. Polyanskiy. – Mode of acces: <https://refractiveindex.info>. – Data of access: 10.02.2019.

УДК 517.927.4
К АНАЛИЗУ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ СИСТЕМЫ
МАТРИЧНЫХ УРАВНЕНИЙ ТИПА РИККАТИ С ПАРАМЕТРОМ

Д. В. РОГОЛЕВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Исследуется задача типа [1]:

$$\frac{dX}{dt} = A_1(t)X + XB_1(t) + X(S_1(t)X + S_2(t)Y) + \lambda F_1(t), \quad (1)$$

$$\frac{dY}{dt} = A_2(t)Y + YB_2(t) + Y(P_1(t)X + P_2(t)Y) + \lambda F_2(t), \quad (2)$$

$$X(0, \lambda) = X(\omega, \lambda), \quad Y(0, \lambda) = Y(\omega, \lambda), \quad (3)$$

где $t \in [0, \omega]$, $X, Y \in \mathbb{R}^{n \times n}$, матрицы $A_i(t)$, $B_i(t)$, $S_i(t)$, $P_i(t)$, $F_i(t)$ ($i = 1, 2$) определены и непрерывны на промежутке $[0, \omega]$; $\omega > 0$, $\lambda \in \mathbb{R}$.

Матричные дифференциальные уравнения относятся к многомерным системам специального вида, включая уравнения Ляпунова, Риккати, играющие важную роль в теории и приложениях дифференциальных уравнений (см., например, [2]).

В настоящей работе, являющейся продолжением [1], с помощью метода [3, гл. 3] получены коэффициентные (т. е. по исходным данным задачи) достаточные условия однозначной разрешимости задачи (1)–(3), а также итерационный алгоритм построения решения.

Примем следующие обозначения:

$$D = \{(t, X, Y) : 0 \leq t \leq \omega, \|X\| \leq \rho_1, \|Y\| \leq \rho_2\}, \quad \tilde{B}_i(\omega) = \int_0^\omega B_i(\tau) d\tau, \quad \tilde{\gamma}_i = \|\tilde{B}_i^{-1}(\omega)\|,$$

$$\alpha_i = \max_t \|A_i(t)\|, \quad \beta_i = \max_t \|B_i(t)\|, \quad \delta_i = \max_t \|S_i(t)\|, \quad \mu_i = \max_t \|P_i(t)\|,$$

$$h_i = \max_t \|F_i(t)\|, \quad \|T\|_C = \max_t \|T(t)\|, \quad \varepsilon = |\lambda|, \quad \varepsilon_0 = \min\{\varepsilon_1, \varepsilon_2\},$$

$$p_{11} = \tilde{\gamma}_1 \left[\frac{1}{2} \beta_1 (\alpha_1 + \beta_1 + 2\delta_1 \rho_1 + \delta_2 \rho_2) \omega^2 + (\alpha_1 + 2\delta_1 \rho_1 + \delta_2 \rho_2) \omega \right],$$

$$p_{12} = \tilde{\gamma}_1 \delta_2 \rho_1 \omega \left(\frac{1}{2} \beta_1 \omega + 1 \right), \quad p_{21} = \tilde{\gamma}_2 \mu_1 \rho_2 \omega \left(\frac{1}{2} \beta_2 \omega + 1 \right),$$

$$p_{22} = \tilde{\gamma}_2 \left[\frac{1}{2} \beta_2 (\alpha_2 + \beta_2 + \mu_1 \rho_1 + 2\mu_2 \rho_2) \omega^2 + (\alpha_2 + \mu_1 \rho_1 + 2\mu_2 \rho_2) \omega \right],$$

$$\varepsilon_1 = \frac{\rho_1 - \tilde{\gamma}_1 \left\{ \frac{1}{2} \beta_1 [(\alpha_1 + \beta_1) \rho_1 + \delta_1 \rho_1^2 + \delta_2 \rho_1 \rho_2] \omega^2 + [\alpha_1 \rho_1 + \delta_1 \rho_1^2 + \delta_2 \rho_1 \rho_2] \omega \right\}}{\tilde{\gamma}_1 \left(\frac{1}{2} \beta_1 \omega + 1 \right) h_1 \omega},$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\rho_2 - \tilde{\gamma}_2 \left\{ \frac{1}{2} \beta_2 [(\alpha_2 + \beta_2) \rho_2 + \mu_2 \rho_2^2 + \mu_1 \rho_1 \rho_2] \omega^2 + [\alpha_2 \rho_2 + \mu_2 \rho_2^2 + \mu_1 \rho_1 \rho_2] \omega \right\}}{\tilde{\gamma}_2 \left(\frac{1}{2} \beta_2 \omega + 1 \right) h_2 \omega},$$

где $t \in [0, \omega]$, $0 < \rho_1, \rho_2 < \infty$, $\|\cdot\|$ – согласованная норма матриц.

Теорема. Пусть выполнены следующие условия:

1) $\det \tilde{\mathbf{B}}_i(\omega) \neq 0$ ($i=1,2$);

2) $\tilde{\gamma}_1 \left\{ \frac{1}{2} \beta_1 [(\alpha_1 + \beta_1) \rho_1 + \delta_1 \rho_1^2 + \delta_2 \rho_1 \rho_2] \omega^2 + [\alpha_1 \rho_1 + \delta_1 \rho_1^2 + \delta_2 \rho_1 \rho_2] \omega \right\} < \rho_1$,

$\tilde{\gamma}_2 \left\{ \frac{1}{2} \beta_2 [(\alpha_2 + \beta_2) \rho_2 + \mu_2 \rho_2^2 + \mu_1 \rho_1 \rho_2] \omega^2 + [\alpha_2 \rho_2 + \mu_2 \rho_2^2 + \mu_1 \rho_1 \rho_2] \omega \right\} < \rho_2$;

3) $p_{11} < 1$, $\det(\mathbf{E} - \mathbf{P}) > 0$,

где $\mathbf{E} = \text{diag}(1,1)$, $\mathbf{P} = (p_{ij})$.

Тогда при $|\lambda| < \varepsilon_0$ задача (1)–(3) однозначно разрешима в области D . Решение представимо как предел равномерно сходящейся последовательности матричных функций, определяемых рекуррентными интегральными соотношениями и удовлетворяющих условиям (3).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лаптинский, В. Н. Конструктивные методы построения решения периодической краевой задачи для системы матричных дифференциальных уравнений типа Риккати условий / В. Н. Лаптинский, Д. В. Роголев // Дифференц. уравнения. – 2011. – Т. 47, № 10. – С. 1412–1420.
2. Зубов, В. И. Лекции по теории управления / В. И. Зубов. – Москва: Наука, 1975. – 496 с.
3. Лаптинский, В. Н. Конструктивный анализ управляемых колебательных систем / В. Н. Лаптинский. – Минск: Ин-т математики НАН Беларуси, 1998. – 300 с.

УДК 53.088 : 620.179.14
МОДЕЛЬ ДЛЯ АНАЛИЗА ВЛИЯНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ
ПАРАМЕТРА НА КОЭФФИЦИЕНТ КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ
РЕЗУЛЬТАТАМИ ЕГО ИЗМЕРЕНИЯ И ИСТИННЫМИ ЗНАЧЕНИЯМИ

С. Г. САНДОМИРСКИЙ

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси
Минск, Беларусь

Часто критерием точности приборов является относительная погрешность δ измерения – разность между результатом y_i измерения значения x_i величины x , выраженная в долях измеряемой величины:

$$\delta = (y_i - x_i) / x_i . \quad (1)$$

На практике $\delta \neq 0$. Поэтому между результатами y_i измерения значений x_i физической величины x в конечном диапазоне ее изменения

$$x_{\min} \leq x_i \leq x_{\max} , \quad (2)$$

существует не функциональная, а корреляционная зависимость.

Для анализа влияния погрешности измерения параметра на коэффициент корреляции между результатами его измерения и истинными значениями рассмотрена [1, 2] следующая модель измерения физической величины x (рис. 1): пусть m значений x_i физической величины x равномерно распределены вдоль всего диапазона (2) ее изменения:

$$x_i = x_{\min} + \frac{(x_{\max} - x_{\min})}{m - 1} (i - 1) , \quad (3)$$

где $1 \leq i \leq m$.

Пусть в результате измерения каждого из значений x_i физической величины x получено два результата $y_i^{\pm}$ ее измерения, равные

$$y_i^{\pm} = x_i (1 \pm \delta) , \quad (4)$$

где δ – относительная погрешность измерения величины x .

Для наглядности анализа введен относительный диапазон d изменения величины x :

$$d = (x_{\max} - x_{\min}) / x_{\max} . \quad (5)$$

Не смотря на простоту модели, среднее отклонение $\bar{\delta}$ ее «экспериментальных» точек (x_i, y_i) от линии регрессии можно сопоставить со средним отклонением от нее точек (x_i, y_i) в реальном эксперименте. Это позволило по результатам анализа делать не только качественные заключения, но и количественные оценки [1, 2].

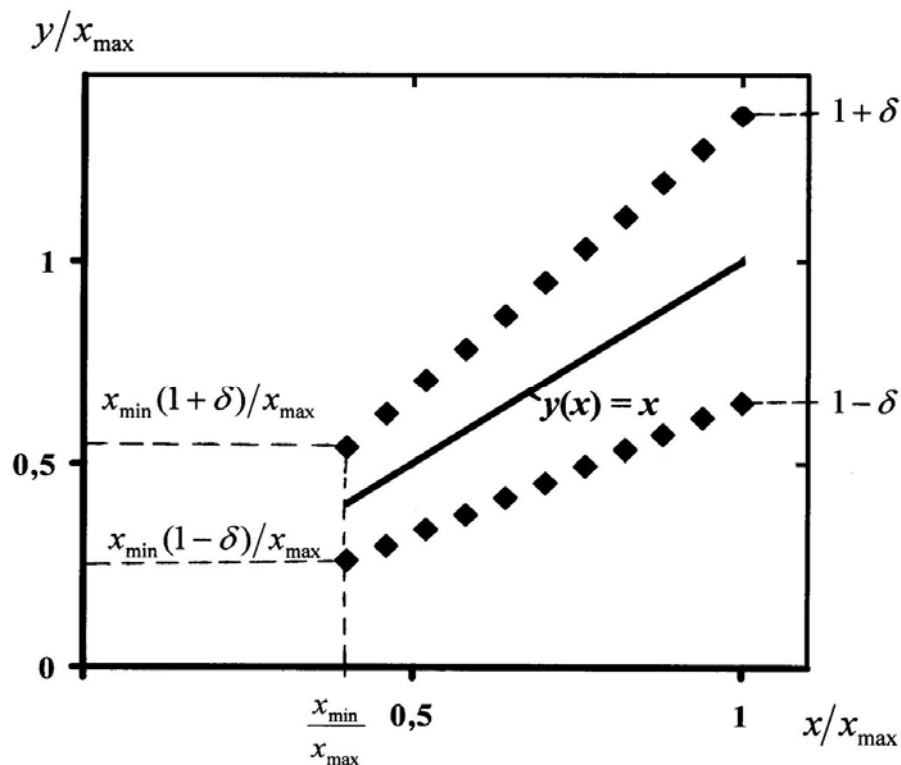


Рис. 1. Корреляционное поле результатов y_i измерений значений x_i физической величины x по рассматриваемой модели измерения

Проведенный анализ привел к «неожиданному» (на первый взгляд) результату (см. рис. 1) – максимальное значение $R_{\max}(\delta, d = \text{const})$ коэффициента R корреляции для любых δ и d имеет место при $m = 2$ – т. е. тогда, когда истинные значения x_1 и x_2 измеряемой величины x соответствуют крайним значениям диапазона (2) ее изменения.

Поэтому для определения максимального R при заданных δ и d – достаточно исследовать влияние параметров δ и d в практически важных диапазонах их изменения ($0 \leq \delta < 0,5$ и $0 < d \leq 1$) на $R_{\max}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Sandomirski, S. G.** Effect of Measurement Accuracy and Range of Variation of a Physical Quantity on the Correlation Coefficient / S. G. Sandomirski // Measurement Techniques. – 2014. – Vol. 57, iss. 10. – P. 1113–1120.
2. **Клюев, В. В.** Анализ и синтез структурочувствительных магнитных параметров сталей / В. В. Клюев, С. Г. Сандомирский. – Москва: СПЕКТР, 2017. – 248 с.

УДК 535.51

ДИСПЕРСИОННЫЕ ФУНКЦИИ ТИТАНАТА СТРОНЦИЯ,
ТИТАНАТА БАРИЯ И ТАНТАЛАТА СТРОНЦИЯ-ВИСМУТА

Л. И. СОТСКАЯ

Белорусско-Российский университет

Н. И. СТАСЬКОВ

Могилевский государственный университет им. А. А. Кулешова
Могилев, Беларусь

М. В. РУДЕНКО

Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Высокая оптическая прозрачность в видимой области спектра, химическая стабильность, большая диэлектрическая проницаемость широкозонных оксидных полупроводников перовскитной структуры титаната стронция (SrTiO_3), титаната бария (BaTiO_3) и танталата стронция-висмута ($\text{Bi}_2\text{SrTa}_2\text{O}_9$) определяют перспективность их использования для опто- и микроэлектроники [1]. На основании экспериментальных данных многоугловой спектральной эллипсометрии мы рассчитали оптические функции тонких пленок SrTiO_3 ($d = 31,4$ нм), BaTiO_3 ($d = 62,9$ нм) и $\text{Bi}_2\text{SrTa}_2\text{O}_9$ ($d = 38,9$ нм). По ним можно определить диэлектрические и оптические характеристики в УФ и видимой области спектра.

Методики получения плёнок SrTiO_3 и BaTiO_3 описаны в [2, 3]. Для получения плёнок $\text{Bi}_2\text{SrTa}_2\text{O}_9$ использовали этоксид тантала ($\text{Ta}(\text{OC}_2\text{H}_5)_5$), уксусно-кислые соли стронция (SrCH_3COO) и одноосновного висмута (BiOCH_3COO). В качестве стабилизатора в золи добавляли ацетилацетон. Золи наносили методом центрифугирования со скоростью 2700 об/мин на кварцевые подложки. После нанесения образцы подвергались термической сушке при температуре 200 °С в течение 20 мин. Затем следовала окончательная термообработка в течение 40 мин при температуре 800 °С. Сегнетоэлектрическая фаза $\text{Bi}_2\text{SrTa}_2\text{O}_9$ имеет слоистую структуру Ауривилиуса с перовскитными блоками танталата стронция $(\text{SrTa}_2\text{O}_7)^{2-}$ и двумерными слоями диоксида висмута $(\text{Bi}_2\text{O}_2)^{2+}$ [4].

Методом растровой электронной микроскопии на установке Hitachi S-4800 установлено, что плёнки вышеуказанных материалов являются рентгеноаморфными. Спектры эллипсометрических углов $\psi(\lambda)$ и $\Delta(\lambda)$ плёнок и кварцевых подложек измеряли при углах падения от 52 до 60° на спектральном эллипсометре UVISEL 2 (HORIBA). Для численных расчетов оптических характеристик пленок в УФ-области (область собственных полос поглощения) использовали функции

$$n_f(E) = n_\infty + \left[B(E - E_j) + C \right] \left[(E - E_j)^2 + \Gamma_j^2 \right]^{-1},$$

$$k_f(E) = \begin{cases} f_j(E - E_g)^2 [(E - E_j)^2 + \Gamma_j^2]^{-1}, & E > E_g, \\ 0, & E < E_g, \end{cases}$$

$$B = f_j \Gamma_j^{-1} [\Gamma_j^2 - (E_j - E_g)^2], \quad C = 2f_j \Gamma_j (E_j - E_g)$$

($E = 1240\lambda^{-1}$ – энергия фотона, эВ). Параметры функций определены ранее для SrTiO_3 ($n_\infty = 2,004$; $E_j = 4,386$ эВ; $f_j = 0,409$; $\Gamma_j = 0,842$ эВ; $E_g = 3,097$ эВ) [2] и для BaTiO_3 ($n_\infty = 1,823$; $E_j = 4,370$ эВ; $f_j = 0,262$; $\Gamma_j = 0,892$ эВ; $E_g = 3,420$ эВ) [3]. Для плёнок $\text{Bi}_2\text{SrTa}_2\text{O}_9$ параметры указанных функций оказались равными $n_\infty = 1,799$; $E_j = 5,283$ эВ; $f_j = 0,139$;

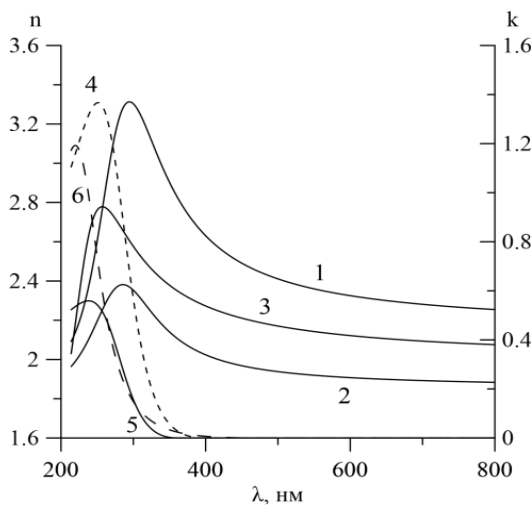


Рис. 1. Спектры оптических характеристик пленок перовскитной структуры

$\Gamma_j = 0,988$ эВ; $E_g = 2,566$ эВ. На рис. 1 приведены спектры показателей преломления n (1–3) и поглощения k (4–6) плёнок SrTiO_3 (1, 4), BaTiO_3 (2, 5) и $\text{Bi}_2\text{SrTa}_2\text{O}_9$ (3, 6). Все исследуемые пленки не поглощают видимый свет. Отражательная способность плёнок титаната стронция самая высокая, а подобная спектральная характеристика плёнок танталата стронция-висмута оказалась самой низкой. Поэтому прозрачность плёнок $\text{Bi}_2\text{SrTa}_2\text{O}_9$ превышает прозрачность плёнок SrTiO_3 и BaTiO_3 . Ширина запрещенной зоны $\text{Bi}_2\text{SrTa}_2\text{O}_9$ меньше, чем у SrTiO_3 и BaTiO_3 .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Akazawa, H. X-ray photoelectron spectroscopy characterization of fluorite and perovskite phases in $\text{Sr}_{1-x}\text{Bi}_2+y\text{Ta}_2\text{O}_9-z\text{Sr}_{1-x}\text{Bi}_2+y\text{Ta}_2\text{O}_9-z$ films / H. Akazawa, H. Ando // *Journal of Applied Physics*. – 2010. – Vol. 108 (083704).
2. Optical Characteristics of Strontium Titanate Films Obtained by the Sol–Gel Method / N. I. Stas'kov [et al.] // *Optics and Spectroscopy*. – 2018. – Vol. 125, № 4. – P. 492–498.
3. Оптические характеристики пленок титаната бария на стеклянных подложках / П. А. Холов [и др.] // Проблемы взаимодействия излучения с веществом: материалы V Междунар. науч. конф., Гомель, 14–16 нояб. 2018 г. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2018.
4. Withers, R. L. The crystal chemistry underlying ferroelectricity in $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$, $\text{Bi}_3\text{TiNbO}_9$, and Bi_2WO_6 / R. L. Withers, J. G. Thompson, A. D. Rae // *Journal of Solid State Chemistry*. – 1991. – Vol. 94, № 2. – P. 404–417.

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Материалы Международной
научно-технической конференции
(Могилев, 25–26 апреля 2019 года)

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

Редакторы: *И. В. Голубцова;*
Е. А. Галковская
Технические редакторы: *А. Т. Червинская;*
А. А. Подошевка
Компьютерный дизайн *Н. П. Полевничая*

Подписано в печать 18.04.2019. Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 31,39. Уч.-изд. л. 33,7. Тираж 30 экз. Заказ № 285.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, Могилев.