

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, 23–24 апреля 2020 года)

Могилев
«Белорусско-Российский университет»
2020

УДК 001
ББК 73
М34

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

М34 **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, 2020. – 517 с. : ил. ISBN 978-985-492-234-8.

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 978-985-492-234-8

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

СОДЕРЖАНИЕ

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

АКУЛИЧ А. В., ЛУСТЕНКОВ В. М., АКУЛИЧ В. М. Исследование движения и взаимодействия двух закрученных потоков в вихревом пылеуловителе	21
АЛЕКСЕЕВ Ю. Г., ПАРШУТО А. Э., ЯНОВИЧ В. А. Моделирование режима электрохимического полирования сталей с повышенным содержанием углерода в электролитах на основе органических растворителей.....	23
АНТОНЮК В. Е., БУДЗИНСКАЯ А. В., КАПИТОНОВ А. В. Математическая модель автоматизированного двухпрофильного контроля зубчатых колес.....	25
АНТОНЮК В. Е., ЯВОРСКИЙ В. В. Силовые параметры калибрования бесшовных колец в кольцераскатных комплексах	27
АФАНЕВИЧ В. В., ПАШКЕВИЧ В. М., МЕТЕЛИЦА Я. Н. Обеспечение топографии поверхности при инерционно-импульсном раскатывании	29
БОГДАН Д. Д., ЖИГАЛОВ А. Н. Аэродинамическое звуковое упрочнение как способ упрочнения горно-режущего инструмента.....	31
ВЛАДИМИРОВ А. А., АФОНИН А. Н., МАКАРОВ А. В. Перспективы применения тангенциальных колебаний инструмента для формирования микрогеометрии поверхностей деталей.....	33
ГАЛЮЖИН Д. С., МЕТЕЛИЦА Я. Н. Увеличение производственных возможностей посредством внедрения технологического оборудования с ЧПУ.....	35
ГОРАВСКИЙ И. А., ЖИГАЛОВ А. Н., ДЕЙХИНА Т. В. Методика проведения измерения износа вращающегося режущего инструмента, упрочненного аэродинамическим звуковым методом.....	37
ДЕМИДЕНКО Е. Ю., КОЖЕВНИКОВ М. М., ЧУМАКОВ О. А., ИЛЮШИН И. Э. Синтез компоновки роботизированного технологического комплекса лазерной резки на базе робота-манипулятора Fanuc M-710iC/50.....	39
ДОВГАЛЕВ А. М. Прогнозирование параметров качества детали при совмещенном магнитно-динамическом накатывании.....	41

ЕЛИСЕЕВА А. Н., РАБЫКО М. А. Методы повышения эксплуатационных свойств материалов, основанные на термическом воздействии.....	42
КАМЧИЦКАЯ И. Д., ЩЁКОТОВ В. А. Влияние технологических параметров процесса пневмовибродинамической обработки на свойства упрочненных слоев	43
КАМЧИЦКАЯ И. Д., ЩЁКОТОВ В. А. Импульсно-ударное упрочнение серого чугуна пневмовибродинамической обработкой	44
КАПИТОНОВ А. В., АНТОНЮК В. Е., БУДЗИНСКАЯ А. В. Методика измерений методом сканирования и оцифровки криволинейных поверхностей деталей	45
КОРОЛЁВ А. Ю., НИСС В. С., ПАРШУТО А. Э. Исследование процесса электролитно-плазменного полирования с применением управляемых импульсных режимов.....	47
ЛАПТИНСКИЙ В. Н., РОМАНЕНКО А. А. К изготовлению отливки при литье направленным затвердеванием от водоохлаждаемого стержня.....	49
ЛИПСКИЙ А. Э. Исследование ударной вязкости образцов из быстрорежущей стали Р6М5, обработанных тлеющим разрядом.....	50
МИРОНОВА М. Н. Анализ влияния параметров технологического процесса и оснащения на суммарную погрешность расположения оси отверстия.....	51
МИРОНОВА М. Н., ЕФРЕМЕНКО А. И. Обобщенный критерий оптимизации режимов сверления отверстий.....	53
НИСС В. С., АЛЕКСЕЕВ Ю. Г., БУДНИЦКИЙ А. С. Исследование влияния импульсных режимов электрохимического полирования на качество поверхности легкоокисляемых металлов и сплавов.....	55
ПАШКЕВИЧ В. М. Выбор режимов обработки при инерционно-импульсном раскатывании отверстий.....	57
ПОЛТОРАЦКИЙ С. Г. Особенности инструмента для формирования квадратного отверстия сверлением.....	59
ПОЛТОРАЦКИЙ С. Г., ШЕМЕНКОВ В. М. Особенности кинематики процесса сверления квадратных отверстий	60
СВИРЕПА Д. М., КРУЧИНИНА А. С. Конструктивные особенности инструментов для совмещенной обработки резанием и магнитно-динамическим раскатыванием	62
СВИРЕПА Д. М., РОМАНОВИЧ Ю. С., КРУЧИНИНА А. С. Моделирование взаимодействия деформирующего элемента с деталью в процессе магнитно-динамического раскатывания	63

СОТНИК Л. Л., САХАНЬКО С. А., ХУСТЕНКО А. Н. Оценка влияния шероховатости на распределение твердости азотированного слоя по глубине в штамповой стали 3Х2В8Ф.....	64
СТОРОЖЕНКО Г. И., КАЗАНЦЕВА Л. К., САЧЕК П. В. Автоматизированная линия производства пеностекла из кремнеземистых пород.....	66
СУХОЦКИЙ С. А., ТАРАДЕЙКО И. А., КОРНИЛОВИЧ Р. Д. Повышение эффективности магнитно-динамического накатывания плоских поверхностей.....	69
ТАРАДЕЙКО И. А., СУХОЦКИЙ С. А. Инструмент для комбинированной обработки шлифованием и магнитно-динамическим накатыванием.....	70
ТИТОВА А. П., МАКАРОВ А. В., ВЛАДИМИРОВ А. А. Выглаживание электроискровых СВС-электродных покрытий на поверхностях деталей прокатных станов.....	71
ФЕДОРЕНКО А. М. Особенности обработки концевыми фрезами внешних углов на станках с ЧПУ.....	73
Секция 2. Машиноведение, детали машин и прикладная механика	
БЛАГОДАРНАЯ О. В., ПОНОМАРЕВА О. А. Кинематика кулисного механизма методом преобразования координат	74
ГРОМЬКО П. Н., ГОНОРОВА С. В., ЗВЕРТОВСКИЙ Д. А. Применение методов компьютерного моделирования для оценки контактных напряжений в зацеплении эксцентриковых передач	76
ГРОМЬКО П. Н., ТРУСОВ И. В., ХАТЕТОВСКИЙ С. Н. Снижение себестоимости изготовления передач эксцентрикового типа на основе применения специальных профилей зубьев контактирующих колес	77
ДАНЬКОВ А. М., ГОНЧАРОВ Ю. В. К выбору типа и места установки упругих элементов в планетарной плавнорегулируемой передаче	78
ДУБОВИК Д. А., БАРАН О. А., ЧЕПЕЛЕВИЧ С. С., ВЫРСКИЙ А. Н., ДЖАСОВ Д. В. Расчет угловой жесткости резинометаллического шарнира очистки зерноуборочного комбайна	80
ДУБОВИК Д. А., ПРИБЫЛЬСКИЙ В. И., ПЕРШУКЕВИЧ Н. П., ШАНТЫКО А. С., ВЫРСКИЙ А. Н. Влияние сайлентблоков на динамическую нагруженность привода механизма очистки	82
КОМАР В. Л. Методы очистки деталей машин от ржавчины....	84
КОМАР В. Л. Пескоструйная установка с механическим вибратором	85

ЛОСЕВ Д. Я. Расчёт мощности ветряного потока и краткое обоснование системы конфузоров ветрогенератора	86
ЛУСТЕНКОВА Е. С., МЕТЕЛИЦА Я. Н., КОМАР В. Л. Моделирование кулачковой поверхности сферической передачи, контактирующей с цилиндрическим роликом	88
МАКАРЕВИЧ С. Д., МАКАРЕВИЧ А. С. Результаты компьютерных исследований эксцентриковой передачи с параллельным расположением входного и выходного валов с одним потоком мощности.....	89
МОЙСЕЕНКО А. Н., ЛУСТЕНКОВА Е. С., МЕТЕЛИЦА Я. Н. Определение основных размеров роликов сферических роликовых передач	91
ПРУДНИКОВ А. П., БОДУНОВА А. Д. Кинематический анализ конической винтовой передачи.....	93
ПРУДНИКОВ А. П., БОДУНОВА А. Д. Особенности конструкции конической винтовой передачи	94
РОГАЧЕВСКИЙ Н. И. Расшифровка эвольвентных зубчатых колес с несимметричным профилем зубьев	95
РУДЕНКО С. П. Зависимость предела выносливости при изгибе зубьев зубчатых колес от механических свойств материала	96
САСКОВЕЦ К. В., КАПИТОНОВ А. В. Разработка усовершенствованной конструкции планетарной передачи	98
СТЕПАНОВИЧ П. В., ЖИГАЛОВ А. Н. Методика и результаты исследований кольца стопорного в САД-системе КОМПАС-3D	100
ТУРКО Н. В., РОГАЧЕВСКИЙ Н. И. Определение сил и регулировочного параметра механизма самозатягивания фрикционного редуктора.....	102
ХАТЕТОВСКИЙ С. Н. Аналитические методики определения узловых точек на поверхности зубьев колес прецессионной передачи.....	104
ХАТЕТОВСКИЙ С. Н., ГАЛЮЖИН М. А. Прогнозирование интерференции второго рода в зацеплении колес прецессионной передачи.....	105
 Секция 3. Технологии получения новых материалов и покрытий	
ГАЛЕНКО Е. Н., ШАРКО С. А. Зависимость электрических и морфологических свойств нанослоёв золота от режимов получения	106
ГРИЩЕНКО Ю. Н., ЛАНИН В. Л., ГОРБАЧ В. Р. Моделирование вихревых токов при герметизации СВЧ-микроблоков высокочастотной пайкой	108

ГРОМЫКО П. Н., ЯКУБОВИЧ Д. И., ГРУША В. П. Инновационные технологии при изготовлении экспериментального редуктора эксцентрикового типа	110
ГРУША В. П., БЕВЗА В. Ф., КОЗЛОВА Н. А. Высоко-температурный отжиг заготовок из высокопрочного чугуна	112
ЗЕРНИЦА Д. А., ШЕПЕЛЕВИЧ В. Г. Структура, микротвёрдость фольг эвтектических сплавов, легированных сурьмой	114
ЗЕРНИЦА Д. А., ШЕПЕЛЕВИЧ В. Г. Текстура быстро-затвердевших фольг сплавов системы олово–цинк, легированной дополнительно алюминием и сурьмой	116
ЗЫРЯНОВА В. Н., ЛЫТКИНА Е. В., ОЧУР-ООЛ А. П. Влияние механохимической активации на свойства композиционного магниезиального вяжущего	118
ИЛЮШЕНКО В. М., ПУМПУР В. А., АНДРИЕНКО В. М. Изменение износостойкости и прочности чугуна ИЧХ18ВМ в процессе многократной закалки.....	120
ЛАНИН В. Л., ЛАППО А. И., ЧАН Н. Д. Исследование процесса лазерной прошивки отверстий в кремниевой подложке при формировании 3D-структур	122
ЛОВШЕНКО Ф. Г., ЛОЗИКОВ И. А. Модифицирование алюминиевых сплавов наноструктурными механически сплавленными лигатурами	124
ЛОВШЕНКО Ф. Г., ЛОЗИКОВ И. А. Модифицирование белых чугунов наноструктурными механически сплавленными лигатурами	126
ЛОВШЕНКО Ф. Г., ФЕДОСЕНКО А. С. Получение само-флюсующихся никелевых сплавов методом реакционного механического легирования	128
ЛЯПИН А. И. Нагрев образца при его обработке в газовом разряде с учетом характеристик системы охлаждения	130
ЛЯПИН А. И. Расчет дозы аморфизации для некоторых материалов при различных энергиях облучения	132
МЕШКОВА В. В., КАЛИНИЧЕНКО А. С. Исследование физико-механических характеристик покрытий, содержащих керамические фазы	134
МИХАЙЛОВ В. В., КАЗАК Н. Н., ОВЧИННИКОВ Е. В. Коррозионно-стойкие электроискровые покрытия	136
ПРОКОПЕНЯ Д. П., ПУЗЫРЕВ М. В., ШУЛЬГАН Н. И. Физические процессы в лазерно-плазменном источнике нанесения нанопокровий	138
СМИРНОВА О. Е., ПИЧУГИН А. П. Гранулированный наполнитель на основе растительного сырья	140

СТЕЦЕНКО В. Ю., БАРАНОВ К. Н., ГУТЕВ А. П. Влияние способов вибрации глухонного струйного кристаллизатора на микроструктуру и качество отливок из силумина	142
СТЕЦЕНКО В. Ю., ГУТЕВ А. П., БАРАНОВ К. Н. Получение слитков диаметром 85 мм из силумина с инвертированной микроструктурой	144
СТРЕЛЬЦОВ С. В. Причины науглероживания стали при литье по выжигаемым моделям	146
ФЕДОСЕНКО А. С., БАЛАЗЕЧКО А. Н., СЕЛИВАНОВА Ю. В. Способ подачи плохо текучих порошков для газотермического напыления	147
ХАБИБУЛЛИН А. И. Шихта для модифицирования сплавов	149
ХАБИБУЛЛИН А. И. Подготовка шихты для модифицирования сплавов	150
ХОРТ А. А., ГАЙДУК Ю. С., САВИЦКИЙ А. А. Газочувствительные свойства оксида вольфрама с добавкой графенометаллического композита	151
ЧЕКАН Н. М., АКУЛА И. П., ОВЧИННИКОВ Е. В. Влияние криогенной обработки на физико-механические характеристики углеродистой конструкционной стали.....	153
ШЕЛЕГ В. К., ЛУЦКО Н. И., ЛАПКОВСКИЙ А. С. Элементный состав нанесенных лазерной наплавкой валиков из никелевого сплава и бронзы и его влияние на микротвердость	155
ШЕМЕНКОВ В. М., РАБЫКО М. А., ШЕМЕНКОВ В. В. Структурно-фазовое модифицирование поверхностного слоя углеродистых инструментальных сталей тлеющим разрядом.....	157
ШЕМЕНКОВ В. М., ШАРАПОВ В. Ю., ШЕМЕНКОВ В. В. Влияние обработки тлеющим разрядом на структуру, фазовый состав, твердость и износостойкость износостойких защитных покрытий на основе тантала.....	158
ЯКУБОВИЧ Д. И. Влияние защитных газов на образование пор в изделиях, полученных методом аддитивных технологий.....	159

Секция 4. Сварка, родственные процессы и технологии

БОЛОТОВ С. В., БОБКОВ Н. К., БОЛОТОВА Е. Л. Датчик скорости подачи проволоки при дуговой сварке на основе инкрементного углового энкодера.....	160
КОРОТЕЕВ А. О. Особенности переноса электродного металла при дуговой сварке в условиях переменного состава защитной газовой атмосферы	161

ЛУПАЧЕВ А. Г., ДОЛЯЧКО В. П. Сварка фланцевых уплотнений	162
ПОЛЯКОВ А. Ю., КУЛИКОВ В. П., СТЕПАНОВ А. А. Влияние усилия сжатия электродов на тепловложение в межэлектродную зону при рельефной сварке	163
СИНИЦА А. Н., СИНИЦА М. А. Особенности проектирования шкафных регуляторных пунктов методами трехмерного компьютерного моделирования	164
ФЕТИСОВА Е. А., КОРОТЕЕВ А. О., КУЛИКОВ В. П. Применение газообразных галоидных соединений в составе защитной газовой атмосферы при дуговой сварке	165
ФУРМАНОВ С. М., ЮМАНОВ Д. Н., СМОЛЯР И. Н. Измерение перемещения подвижного электрода при рельефной сварке оптоэлектронным преобразователем	166
ЦЫГАНКОВ И. И., ЯКУБОВИЧ Д. Я., АТАМАНОВ С. Г. Применение оптико-волоконного аппарата лазерной сварки для получения износостойких хромоникелевых покрытий системы Cr-Ni-Si-B.....	167
ЧЕШКО М. Ю. Подтверждение соответствия работающих под давлением металлических трубопроводов, изготовленных с помощью сварки	168

Секция 5. Транспортные и технологические машины

АНТИПЕНКО Г. Л., СУДАКОВА В. А. Диагностирование сцепления по анализу процесса трогания автомобиля с места	169
БЕРЕСНЕВ В. В. Дробилка с вертикальным валом для получения дисперсных материалов	170
БОБРОВ А. А., ЛЕСКОВЕЦ И. В. Дифференциальное уравнение вертикальных колебаний главной балки козлового крана	172
КЕМОВА В. А. Обзор перспективных конструкций строительных мельниц	173
КУЗНЕЦОВ Е. В., КУРГУЗИКОВ А. М. Стенд для оценки КПД дифференциала	174
КУЛАБУХОВ А. В., СМОЛЯР А. П. О возможности снижения сил сопротивления при повороте гусеничных движителей	176
КУЛАБУХОВ А. В., СМОЛЯР А. П. О математическом моделировании взаимодействия режущих элементов землеройных машин с грунтом	177
КУРГУЗИКОВ А. М. Применение активаторного оборудования для обработки волокнистых материалов в гидрофобном состоянии	178

КУРОЧКИН Н. В., ПЕХТЕРЕВ Р. А. Применение дробилок ударного действия для переработки строительных отходов	180
МИХАЛЬКОВ В. С., ДУДАРЕВ В. А. Пружинный аппарат для равномерной подачи и предварительной обработки дисперсных материалов	182
МИХАЛЬКОВ А. Д., МИХАЛЬКОВ Д. В. Балансирная вибрационная мельница	184
МРОЧЕК В. И., СТЕФАНЕНКО Д. И. Моделирование источника питания гидравлической подсистемы управления фронтальным погрузчиком	186
МРОЧЕК В. И., МРОЧЕК Т. В., СТЕФАНЕНКО Д. И. Методика моделирования системы управления рабочим оборудованием фронтального погрузчика	187
ТАРИЧКО В. И., ЛАГЕРЕВ И. А. Структура системы внеуличного городского пассажирского канатного транспорта	188

Секция 6. Проектирование, производство и эксплуатация автомобильного транспорта

БИЛЫК С. Ю., КИМ В. А., СКОЙБЕДА А. Т. Управление электроприводом периодического действия автопоездов.....	190
БИЛЫК О. В., МИГУРСКИЙ Г. С., АМЕЛЬЧЕНКО П. А. Обоснование стенда испытаний активной виброзащитной системы	192
БИЛЫК С. Ю., САЗОНОВ И. С., КИМ В. А., АМЕЛЬЧЕНКО Н. П. Оценка стабильности контактов колес автомобиля при воздействии случайных дорожных неровностей	194
ГЕРАЩЕНКО В. В., КОВАЛЕНКО Н. А., ЗЯБСКИЙ Е. С. Разработка метода и устройства для диагностирования механических коробок передач.....	196
ГЕРАЩЕНКО В. В., РОГОЖИН В. Д., СЕМЕНОВ И. Н., РЫНКЕВИЧ С. А. Диагностирование гидротрансформаторов гидрофицированных трансмиссий автомобилей	198
КОВАЛЕНКО Н. А., ГЕРАЩЕНКО В. В., ЗЯБСКИЙ Е. С. Повышение быстродействия системы управления движением автомобиля	200
ЛЕБЕДЕВ Д. И., РОГОЖИН В. Д. Основные этапы проектирования мобильных диагностических комплексов для определения технического состояния автомобилей после ДТП.....	202
ЛОБАХ В. П., АНТОНОВ А. С., ЗЯБСКИЙ Е. С. Бортовое диагностирование трансмиссии	204
ЛОБАХ В. П., ГЕРАЩЕНКО В. В., АНТОНОВ А. С. Устройство для диагностирования трансмиссии	206

ЛЯХОВ С. В., БУБНОВА А. М., МОНКЕВИЧ В. Г. Состояние и перспективы развития инфраструктуры городского электрического транспорта в Республике Беларусь	208
МЕЛЬНИКОВ А. С., МЕЛЬНИКОВ А. А., АНТОНОВ А. С. Снижение массы переднего моста трактора при проектировании колесных тормозов	210
МЕЛЬНИКОВ А. С., МЕЛЬНИКОВ А. А., АНТОНОВ А. С. Формирование основных параметров нажимного устройства и тормозного механизма с механическим приводом	211
ПЕРОВ А. Ю., РОГОЖИН В. Д. Особенности управления возрастной структурой специализированного парка автомобилей	212
ШАШЕНКО С. Ф., БИЛЫК О. В. Повышение эффективности экстренного торможения автомобиля путем преобразования его кинетической энергии в колесных тормозах	213

Секция 7. Строительство и техносферная безопасность

БАРАБАШ И. В., БАРАБАШ Т. И., ЩЕРБИНА О. С. Самоуплотняющиеся дисперсно армированные легкие бетоны на механоактивированном вяжущем.....	214
ГОЛУШКОВА О. В. Использование технологий 3D-печати в строительстве Республики Беларусь.....	216
ГОЛУШКОВА О. В. Повышение энергоэффективности жилого фонда в Могилевской области.....	218
ДАНИЛОВ С. В. Усиление железобетонной колонны стальной обоймой и мелкогабаритными каменными материалами.....	220
КАТЬКАЛО Ю. А., КАТЬКАЛО А. А. Определение действительных геометрических параметров продольного профиля автомобильных дорог.....	222
КОЗУНОВА О. В., ШЕР МОХАММАД К. Исследование напряжённо-деформированного состояния однопролётных балок на Винклеровском основании от угловых смещений методом перемещений	224
КОТОВ Ю. Н., МАКЕЕВ Р. В. Стадии работы каменной кладки под кратковременной сжимающей нагрузкой.....	226
КУТУЗОВ В. В., ЗУБКОВ А. Е. Четырёхсторонние, Т-образные и кольцевые пересечения на автомобильных дорогах.....	228
КУТУЗОВ В. В., ЛИТВИНЧУК А. С. Оценка технического состояния улицы населенного пункта	230
ЛАТУН Т. С., СЕМЕНЮК Р. П., ГОЛУШКОВ А. М. Использование отходов шинной промышленности для улучшения технических характеристик уличных покрытий.....	232

ЛЕОНОВИЧ И. А., ИГНАТЕНКОВ А. С., САВОСТЕЕНКО А. А. О методике экспериментального определения модуля упругости фибробетона.....	233
ЛОБИКОВА Н. В., ЛОБИКОВА О. М., ГАЛЮЖИН С. Д. Проектирование энергоэффективных систем отопления	235
ЛОБИКОВА Н. В., ЛОБИКОВА О. М., ГАЛЮЖИН С. Д. Развитие проектирования энергосберегающего вентиляционного оборудования здания	237
МАКАРЕВИЧ С. Д. Создание шлема пожарного с функцией трансформации.....	239
МАКАЦАРИЯ Д. Ю. Оценка производительности машин комплектов, выполняющих ремонт и обеспечивающих безопасность дорожного движения.....	241
МЕЛЬЯНЦОВА И. И., САМОЛЫГО Т. С. Границы микро- трещинообразования легких бетонов при центральном сжатии.....	243
МОСКАЛЬКОВА Ю. Г. Анализ деформативности керамзито- фибробетона.....	245
ОРЛОВСКИЙ П. С., ГУМЕНЮК В. И. Концепция рисков.....	247
РЖЕВУЦКАЯ В. А. Особенности усадки керамзитобетона в сравнении с тяжелыми бетонами.....	249
СОТНИК Л. Л., ВИННИЧЕК К. С., СИВАЧЕНКО Л. А. Вибровалковый измельчитель-активатор для переработки строи- тельных отходов.....	251
ЩУР А. В., БОБКОВ Н. К., ФЕДОСЕЕВ О. И. Использование геоинформационных систем и 3D-технологий в радиационном контроле.....	253

Секция 8. Контроль и диагностика промышленных объектов и окружающей среды

АФАНАСЬЕВ А. А., ГОГОЛИНСКИЙ В. Ф., ПИСАРИК В. В., МАГИЛИНСКИЙ А. П. Турбидиметр с адаптивным измерительным преобразователем	255
БАЕВ А. Р., МИТЬКОВЕЦ А. И., МАЙОРОВ А. Л. Рассеяние продольных волн, возбуждаемых лазерным излучением, на несплошностях	257
БАЕВ А. Р., СКИБАРЬ А. М., КОНОВАЛОВ В. В., РАЗМЫСЛОВИЧ Г. И. Комбинированный способ повышения эффективности отбраковки чугунов	259
БОРИСОВ В. И., КАЗАЧЕНКО Н. И., ПРОКОПЕНКО Е. Н., СЕРГЕЕВ С. С. Акустическое поле излучения пьезопреобразователей в виде кольцевых решеток Френеля с изменяемым фокусным расстоянием	262

БОРОВИКОВА С. А. Анализ контрольных образцов для магнитографической дефектоскопии	264
БОРОВИКОВА С. А. О необходимости разработки контрольных образцов для дефектоскопии ферромагнитных объектов методом визуализирующей пленки	266
БУЛАТОВ О. В. Влияние слоя хрома на точность магнитодинамической толщинометрии слоя никеля двухслойного хромоникелевого покрытия	267
БУЛАТОВ О. В. Способ учета слоя хрома при магнитодинамической толщинометрии слоя никеля двухслойного хромоникелевого покрытия	269
БУСЬКО В. Н., РУБНИКОВИЧ С. П., ФИСЮНОВ А. Д., ПРЯЛКИН С. В. Экспериментальная модель для оценки прочности разных видов ортопедических конструкций.....	271
ГОГОЛИНСКИЙ В. Ф., АФНАСЬЕВ А. А., ИВАНОВ В. В. Бесконтактная измерительная система автоматического размерного контроля изделий из полимерных материалов	274
ГРУНТОВИЧ Н. В., ЖУК Е. А. Выявление дефектов в автотрансформаторах по комплексу параметров во время их работы	275
ДЖЕЖОРА А. А., ЖИЗНЕВСКИЙ В. А., ЗАВАЦКИЙ Ю. А. Индикатор качества промышленных масел	277
ДЖЕЖОРА А. А., ЗАВАЦКИЙ Ю. А., КОВАЛЕНКО В. А. Применение сенсоров открытого пространства для контроля качества промышленных масел	279
КОРОТКЕВИЧ З. М., БУРАК В. А. Контроль качества отпуска инструментальной стали У8А по индукционным характеристикам	281
КУЛАГИН В. Н., СЧАСТНЫЙ А. С., ОСИПОВ А. А. Оценка влияния переходного слоя на достоверность контроля упрочненных слоев магнитным методом	283
КУШНЕР А. В., ШИЛОВ А. В., НОВИКОВ В. А. Универсальный контрольный образец для магнитографической дефектоскопии.....	285
ЛЕВКОВИЧ Н. В., БАЕВ А. Р., АСАДЧАЯ М. В., СЕРГЕЕВА О. С. Повышение эффективности выявления дефектов сцепления материалов.....	287
МИХЕЕВ С. С., СОТСКИЙ А. Б., СОТСКАЯ Л. И. Определение дисперсионных характеристик плоскопараллельной пластины.....	289
НИКИТИН А. С., СЕРГЕЕВ С. С. Оценка влияния химсостава и физико-механических свойств конструкционной стали марки 08пс на технологичность при механической обработке.....	291

ПАРАШКОВ С. О., СТАСЬКОВ Н. И., РУДЕНКО М. В. Характеристики полосы собственного поглощения танталата стронция висмута.....	293
ПОДУГОЛЬНИКОВ П. А., ПОЗДНЯКОВ В. Ф., ПРУДНИКОВ А. Н. Распределение интенсивности магнитных шумов Баркгаузена при двухосном напряженном состоянии.....	295
ПОДУГОЛЬНИКОВ П. А., ПРУДНИКОВ А. Н. Метрологическое обеспечение магнитных методов для контроля напряжений ферромагнетиков.....	296
ПРОТАСЕНЯ Т. А., ДЕЛЕНДИК М. Н., КРЕНЬ А. П., МАЦУЛЕВИЧ О. В. Оценка погрешности измерения свойств материалов методом динамического индентирования.....	297
САНДОМИРСКИЙ С. Г. Применение методики магнитной структуроскопии для контроля твердости авиационного крепежа.....	299
СЕРГЕЕВ С. С., НИКЕЕВ А. М., МИХЕЕНКО С. В. Сопоставление информационных возможностей современных технологий ультразвукового неразрушающего контроля.....	301
ШАРАНДО В. И., КРЕМЕНЬКОВА Н. В., ЧЕРНЫШЁВ А. В. Контроль цементации магнитодинамическим и электромагнитным методами	303
ШИЛОВ А. В., КУШНЕР А. В., НОВИКОВ В. А. Сравнение визуализирующих магнитные поля пленок при дефектоскопии ферромагнитных объектов	305
ШИЛОВ А. В., НАЗАРОВ М. М. Коаксиальный диэлектрический волновод для передачи ТГц-излучения.....	307
ШУЛЬГА А. В., ОМЕЛЬЧЕНКО А. А., СТАСЬКОВ Н. И. Электродинамическая модель гетеропланарного слоя диэлектрика на основе оксида и нитрида кремния	309

Секция 9. Автоматизация, электропривод и электрооборудование

АБАБУРКО В. Н., КАНТОР В. Ч. Построение взрывозащищенных компьютерных сетей на основе искробезопасных систем с электронным ограничением длительности искрового разряда	311
АБАБУРКО В. Н., КОХАН А. В. Особенности технического обслуживания искробезопасных систем	313
БОЧКАРЕВ Г. В., ЛЕНЕВСКИЙ Г. С. Повышение энергоэффективности процессов пастеризации молока в «Молочном такси».....	315
ЖЕСТКОВА Л. В. О способах формирования графика изменения скорости движения створок дверей кабины лифта.....	316

ЖЕСТКОВА Л. В., ГРОНДА С. И. Разработка стенда для проверки, настройки и регулирования устройств управления лифтом.....	318
КОВАЛЬЧУК В. М. Проблемы и парадоксы управления энергоэффективностью предприятий	320
НИКИТИН П. Ф., КОРОТКЕВИЧ Г. И., КОХАН А. В. Требования нормативных документов по обеспечению безопасной эксплуатации взрывозащищенных электродвигателей.....	322
НИКИТИН П. Ф., САЗОНКО А. Е., КАНТОР В. Ч. Оценка состояния взрывозащищенных специализированных постов управления	324
ПОТАПОВ М. А. Проблемы моделирования системы электропривода мотор-колеса карьерного самосвала.....	326
ТРЕТЬЯКОВ А. С., КАПИТОНОВ О. А. Варианты реализации наблюдателя состояния скорости асинхронного электродвигателя.....	328
ЧЕРНАЯ Л. Г., МАКАРЕВИЧ Ю. И. Контроль параметров взрывозащиты электродвигателей во взрывонепроницаемой оболочке I группы взрывобезопасности.....	330
ЧЕРНАЯ Л. Г., САЗОНКО А. Е. Оценка безопасной эксплуатации взрывозащищенных светодиодных светильников.....	332
 Секция 10. Информационные технологии в промышленности	
АКИНШЕВА И. В., ФИЛИППОВА А. А. Разработка программного обеспечения для оценки вариантов оказания логистических услуг по закупке и доставке молока.....	334
БОРЧИК Е. М. Качественный анализ информации о результатах управления технологическим процессом.....	336
БОРЧИК Е. М., СИНКЕВИЧ И. И. Мобильное приложение «Основы алгоритмизации»	338
КУРОЧКА К. С., ДЕМИДОВ А. И., ПАНАРИН К. А. Низкоресурсоемкий алгоритм подсчета монет на изображении.....	340
ЛОБАНОВА Т. М., ДАВЫДЮК А. Ю. Эффективность автоматизации логистических бизнес-процессов	342
ШИЛОВ А. В., ШАМΠΑНОВ С. О., ЯМЩИКОВ С. А. Обучающая компьютерная игра по электробезопасности.....	343
ЯКИМОВ Е. А., БОЖКОВ Н. В., СИЛКОВ Е. В. Сетевая версия программно-технологического комплекса имитации производственных систем.....	345
ЯКИМОВ Е. А., ДЕНИСЕВИЧ Д. А. Информационные технологии для автоматизации раскрытия листового материала.....	347

ЯКИМОВ А. И., ИГНАТОВА Д. С. WorldSkills 2020: информационные технологии в программных решениях для бизнеса..... 349

ЯКИМОВ А. И., СКРЫЛЕВ Н. П. Информационные технологии для автоматизации единичного производства..... 351

Секция 11. Развитие промышленного предприятия: экономика, финансы и инновации

АВСЯННИКОВА А. В., КОТЕЛЬНИКОВА Н. В. Совершенствование производственно-сбытовой логистики предприятий..... 353

АЛЕКСАНДРОВ А. В. Анализ использования информационных технологий организациями Республики Беларусь..... 354

АЛЕКСАНДРОВА С. А. Региональная структура промышленного производства в Республике Беларусь: состояние и тенденции..... 355

АЛЕКСАНДРЁНОК М. С. Инфраструктура финансового рынка Республики Беларусь: оценка развития..... 357

АЛЕКСАНДРЁНОК М. С., ВОРОНКОВ Ю. В., УСТИНОВИЧ В. А. Организационные и финансовые инструменты управления кредитной задолженностью..... 359

БАРАНОВСКИЙ А. Г. Механизм устойчивого развития предприятия: общая характеристика..... 361

ВВЕДЕНСКИЙ Д. В., НЕЧАЕВА Е. С, НЕЧАЕВА Т. Г. Повышение эффективности и качества работы негатоскопа..... 363

ВОЛКОВА О. В. Направления развития финансовых отношений промышленных предприятий..... 365

ВОЛКОВА О. В. Техническое перевооружение промышленных предприятий как фактор инновационного развития..... 367

ГАЛКИНА Е. Г. Построение дерева свойств на основе соблюдения принципов структурирования функции качества..... 369

ГРИНЕВИЧ М. Н. Приведенные часы как показатель функционирования автотранспортной системы региона..... 370

ДРАГУН Н. П., ИВАНОВСКАЯ И. В. Направления пространственного развития Республики Беларусь..... 371

ЕФИМЕНКО А. Г. Направления развития АПК в условиях цифровизации..... 373

ЗУБКОВ А. С. Особенности учета объектов информационных технологий в Республике Беларусь..... 375

ЗУБКОВ А. С. Проблемы учета и применения финансовых инструментов в Республике Беларусь..... 377

ИВАНОВСКАЯ И. В. Направления совершенствования антимонопольного регулирования ценового сговора субъектов хозяйствования в Республике Беларусь..... 379

КАРАНЕВИЧ С. М. Экологический налог как инструмент охраны окружающей среды.....	380
КЛИМОВА Л. А. Виды маркетинга инноваций.....	381
КЛИМОВА Л. А. Типы инноваций в лесном хозяйстве.....	383
КОЛОДИЧ А. С., БОРОДИЧ Т. А. Логистическое управление трудовыми ресурсами.....	385
КОМАРОВА С. Л., КРОТОВА А. Г. Создание инновационной продукции как выход из кризисного состояния.....	387
ЛИВИНСКАЯ В. А., КОРЖУКОВ В. В. Регрессионный анализ как инструмент оценки стоимости подержанных автомобилей.....	389
ЛИВИНСКАЯ В. А., ПЕНЬКОВСКИЙ А. В. Оценка рынка подержанных автомобилей средствами статистического анализа.....	391
ЛОБАНОВА Т. М. Оценка влияния инвестиций на эффективность отраслей обрабатывающей промышленности.....	393
МАКАРЕВИЧ О. Д. Проблема реализации стратегического плана распределения продукции предприятия	394
МОРОЗ М. В., БОРОДИЧ Т. А., НЕЧАЕВА Т. Г. Совершенствование логистической деятельности предприятия	395
ОЛЕХНОВИЧ Л. В. Биометрические технологии в банковском секторе.....	397
ПАНКОВА Т. Н., КАРАНЕВИЧ С. М. Оптимизация затрат на производство продукции промышленного предприятия	398
ПАНКОВА Т. Н., МАКАРЕВИЧ О. Д. Тенденции в развитии инновационной деятельности промышленных предприятий Могилевской области	401
ПАРТНОВ С. Б., КЛИМОВА Е. С. Придорожный сервис и его роль в развитии транспортной инфраструктуры Республики Беларусь...	404
ПУЗАНОВА Т. В. Разработка инновационного проекта в условиях неопределенности.....	406
ПУЗАНОВА Т. В., МЕНЛИЕВ Х. А. Поиск путей повышения эффективности деятельности предприятия пищевой промышленности...	408
РОМАНЬКОВА Т. В. Структура материально-технического потенциала промышленных предприятий региона.....	410
РОМАНЬКОВА Т. В., ГРИНЕВИЧ М. Н. Особенности логистических систем промышленных предприятий Республики Беларусь.....	412
РУБАНОВА Н. В. Анализ рациональности организации автомобильных перевозок СООО «Могилеввнештранс».....	413
СЕДЛУХО О. В. Установление цен на продукцию торгового предприятия с учетом эластичности спроса по цене.....	415
СЕДЛУХО О. В., КУРСОВА И. Я. Повышение эффективности хозяйственной деятельности предприятия отрасли животноводства.....	417

СЕРГЕЙЧИК Н. А. К вопросу расчета достаточности капитала банка.....	419
СИДОРОВА Т. В. Альтернативные варианты налогообложения субъектов малого предпринимательства.....	420
СИДОРОВА Т. В., ВЕРЕМЕЕВА И. А. Влияние изменения формы взаимодействия нанимателя с работниками на налоговую нагрузку.....	422
ТОКМЕНИНОВ К. А., СЕМИКИНА А. В. Эффективность возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь.....	423
ЧАН Н. К., АЛЕКСАНДРОВА С. А. Оценка качества обслуживания пассажиров регионального автотранспортного предприятия.....	425
 Секция 12. Проблемы и перспективы развития гуманитарной составляющей в вузах технико-технологического профиля	
АКУЛИЧ В. М. Организация образовательного процесса студентов заочной формы обучения.....	428
АЛЕКСЮТИНА Г. Я, КАМИНСКАЯ С. О. Корпоративная культура университета нового поколения.....	429
БУДАЕВ М. Л., ГРИГОРЬЕВ М. Ф. Окружность запястья как фактор для отбора занимающихся армрестлингом и средство оценки развития мышц предплечья.....	431
БУДАЕВ М. Л., ГРИГОРЬЕВ М. Ф. Проблема судейского захвата в армрестлинге.....	432
ВОЛОГИНА Н. В. Становление советской высшей школы: опыт проб и ошибок.....	433
ГРИШАЕВА А. А. Формирование атмосферы нетерпимости к коррупции в вузах технико-технологического профиля.....	435
ДОРОЩЕНКО А. В., СЫЧЕВИЧ В. В., ПЕРЕЦ А. Н. Тренировочный процесс спортсменов в непрофильных вузах на начальном этапе подготовки.....	437
ЖУКОВ В. З. Совершенствование гуманитарной составляющей в техническом вузе.....	439
КАЗАНСКИЙ А. В. Механизм финансирования системы высшего образования в странах ЕС: анализ тенденций развития.....	441
КАЗАНСКИЙ А. В., КОРНЕЕВА А. В., ПРОТАСОВА Т. В. Принципы реализации модели «Университет 3.0».....	443
КОВАЛЕНКО О. Е., МЕДВЕДСКАЯ Т. В. Факторы, влияющие на успеваемость студентов.....	445
КОНОПЛЁВА Е. А. Сервисы WEB 2.0 как способ повышения эффективности преподавания иностранного языка в неязыковом вузе.....	446

КОПЫЛОВА Е. А., АФАНАСЕНКО Т. В. Физическая культура как средство преодоления психологических барьеров в общении.....	448
КОРОЛЮН О. П. Гендерная компетентность в современной системе высшего профессионального образования.....	450
КОРОЛЮН О. П. Интенция «Малая родина» как элемент идентичности личности.....	452
ЛОПАЦКИЙ Ю. Н. Некоторые особенности высшего технического образования в Республике Беларусь.....	454
МАКАРОВА С. Е. Пути формирования узнаваемости союзного государства Беларуси и России.....	456
МЕЛЬНИКОВА Е. Н. Использование интернет-ресурсов для расширения иноязычного словарного запаса.....	458
ПАНЕЖА В. В. Комплексное использование интерактивного кабинета-музея в процессе обучения РКИ.....	459
ПОДОШЕВКО В. Д. Патриотизм как основа славянского народа.....	461
ПОЛЕВА Ж. А. Классификация видов электронных образовательных ресурсов, используемых в обучении иностранным языкам.....	463
ПОПЕЛЬШКО Д. М. Комплекс философских дисциплин в системе подготовки современного инженера.....	464
ПОПЕЛЬШКО Д. М. Проблемы подготовки инженерно-технического специалиста в процессе перехода к новому технологическому укладу.....	466
САМАРЦЕВ С. Б., КАМИНСКАЯ С. О., САМАРЦЕВ К. С. Реализация программ дополнительного образования взрослых.....	468
САМУЙЛОВ Д. Н., МАЛЫШЕВА Е. А., ЩУР А. В. Проблемы преемственности ведения физической культуры в школе и университете.....	470
САМУЙЛОВ Д. Н., ПИСАРЕНКО В. Ф., ПЕРЕЦ Н. А. Проблемы использования технических средств при подготовке спортсменов.....	472
СТАЦЕНКО А. А. Продвижение программ обучения иностранному языку в рамках дополнительного образования взрослых.....	474
ТИШКОВСКАЯ Е. Н. Разработка и внедрение электронных образовательных ресурсов в процесс обучения иностранным языкам.....	476
ШАРАПАВА А. В. Камп'ютарнае тэсціраванне навучэнцаў універсітэта ў практыцы выкладання беларускай мовы.....	478
ЯСЮКОВИЧ Э. И. Некоторые инновационные технологии повышения эффективности аудиторных занятий в вузе.....	480

Секция 13. Математическое моделирование и конструктивный анализ математических моделей

БОНДАРЕВ А. Н. К решению многоточечной краевой задачи для матричного уравнения Ляпунова с параметром	482
БУТОМА А. М. Некоторые математические аспекты решения задач в теории ценообразования	484
ЗАМУРАЕВ В. Г. О решениях функциональных уравнений в подпространствах гильбертова пространства.....	487
КАШПАР А. И. Задача Валле-Пуссена для линейного матричного уравнения Ляпунова второго порядка с параметром	488
ЛАПТИНСКИЙ В. Н. Замкнутое решение задачи Прандтля о динамическом турбулентном пограничном слое.....	491
ЛИВИНСКАЯ В. А. О периодических решениях матричного уравнения Ляпунова второго порядка с параметром	493
МАКОВЕЦКАЯ О. А. К периодической краевой задаче для матричного уравнения Ляпунова – Риккати с параметром	495
МАКОВЕЦКИЙ И. И. К двухточечной краевой задаче для нелинейно возмущенного матричного уравнения Ляпунова	497
ПАСЕДЬКО В. В., ВЫГОВСКАЯ Н. В. Использование логистической регрессии при анализе медицинских данных	499
ПРИМАК И. У., ХОМЧЕНКО А. В. Внутриврезонаторное отражение света от призмы связи в плосковолновом приближении....	501
ПРИМАК И. У., ХОМЧЕНКО А. В. К проблеме решения термоупругой задачи в безопасном стекле для наземного транспорта.....	504
ПУЗАНОВА О. В. Применение уравнения Лагранжа второго рода для построения математической модели дифференциала.....	507
РОГОЛЕВ Д. В. К решению периодической краевой задачи для системы матричных уравнений типа Риккати с параметром.....	509
РОМАНЕНКО А. А. К решению задачи Фолкнера–Скэн.....	511
САНДОМИРСКИЙ С. Г. Модель для анализа погрешности двухпараметрового косвенного измерения физической величины	513
СОТСКАЯ Л. И., МИХЕЕВ С. С., СОТСКИЙ А. Б. Моделирование спектров отражательной и пропускательной способностей слоя на подложке конечной толщины при использовании частично когерентного света	515

УДК 621.9
ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
ДВУХ ЗАКРУЧЕННЫХ ПОТОКОВ В ВИХРЕВОМ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕ

А. В. АКУЛИЧ¹, В. М. ЛУСТЕНКОВ¹, В. М. АКУЛИЧ²

¹Могилевский государственный университет продовольствия

²Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Для повышения эффективности пылеулавливающего оборудования важным этапом является исследование его гидравлического сопротивления и эффективности улавливания мелкодисперсных частиц, результаты которого позволяют определить техническое совершенство конструкции.

При создании многофункционального оборудования для реализации комбинированных процессов исследования гидравлического сопротивления и эффективности улавливания недостаточно. Необходимо иметь представление о гидродинамической обстановке внутри аппарата с тем, чтобы проводимые процессы пылеулавливания, тепло- и массообмена были реализованы с максимальной эффективностью.

При исследовании гидродинамики необходимо иметь представление о характере движения и взаимодействии между собой двух газодисперсных потоков в сепарационной зоне вихревого пылеуловителя. Кроме того, важно знать режимные и конструктивные параметры, которые влияют на гидродинамическую обстановку в аппарате, а также установить те параметры, с помощью которых можно ею управлять. Для реализации данной задачи целесообразно обеспечить визуализацию гидродинамической обстановки в сепарационной камере вихревого пылеуловителя.

В работе с помощью 3D-моделирования разработана конструкция вихревого пылеуловителя с прозрачным (стеклянным) цилиндрическим корпусом с визуализацией протекающих процессов в сепарационной зоне при движении и взаимодействии двух закрученных запыленных потоков, назначение которой – дать представление о характере движения и структуре взаимодействия двух закрученных потоков. Пылеуловитель рассчитан на объемный расход запыленного газа 360 м³/ч при средней плановой скорости газа в сепарационной камере 6,5 м/с.

Выполнены сборочные чертежи и чертежи отдельных узлов и деталей аппарата. Изготовлены узлы лабораторного образца (модели) вихревого пылеуловителя: верхней части вихревого пылеуловителя с тангенциальным патрубком периферийного потока, цилиндрикоконический бункер с завихрителем центрального потока, стеклянный цилиндрический корпус вихревого пылеуловителя с элементами поддерживающего каркаса. Создана экспериментальная установка.

Установлено, что на гидродинамическую остановку в сепарационной камере и на эффективность разделения фаз в том числе оказывают влияние общий объемный расход газа, кратность расходов – соотношение расхода газа, подаваемого в периферийный входной патрубок к общему расходу газа через аппарат, концентрация дисперсной фазы в газовом потоке.

Проведены предварительные исследования гидродинамики лабораторного образца (модели) вихревого пылеуловителя с визуализацией протекающих в цилиндрическом корпусе процессов.

Впервые визуально при изменении кратности расходов установлено существование «вращающегося кольца» в сепарационной камере аппарата (рис. 1).

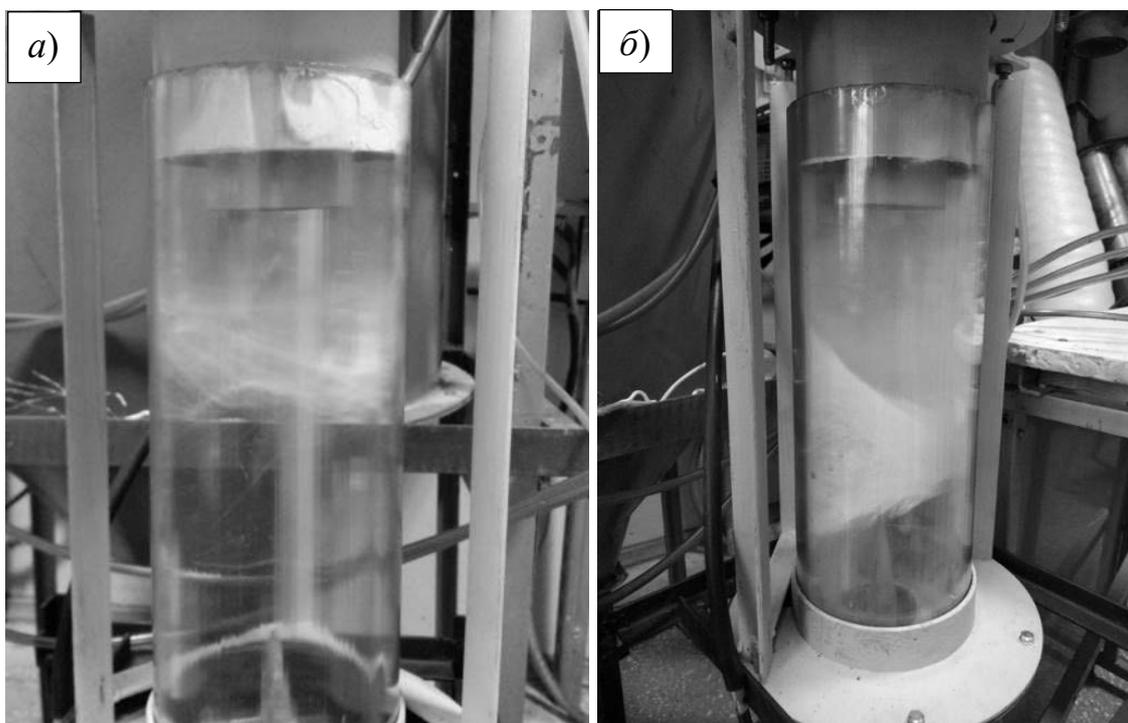


Рис. 1. Формирование «вращающегося кольца» в сепарационной камере лабораторного образца (модели) вихревого пылеуловителя с визуализацией протекающих в цилиндрическом корпусе процессов

Установлено, что с уменьшением кратности расходов, то есть подачей большей части объемного расхода газа в центральный поток зона формирования «вращающегося кольца», удерживающего дисперсную фазу, смещается к верхней части сепарационной камеры (см. рис. 1, *а*).

При этом увеличение концентрации мелкодисперсных частиц во взаимодействующих пылегазовых потоках увеличивает высоту «вращающегося кольца» в сепарационной камере (см. рис. 1, *б*).

УДК 621.9.047.7:621.923
МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО
ПОЛИРОВАНИЯ СТАЛЕЙ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ
УГЛЕРОДА В ЭЛЕКТРОЛИТАХ НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ
РАСТВОРИТЕЛЕЙ

Ю. Г. АЛЕКСЕЕВ, А. Э. ПАРШУТО, В. А. ЯНОВИЧ
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Для решения проблемы качественного электрохимического полирования сталей с повышенным содержанием углерода авторами разработан способ, который заключается в применении импульсного технологического тока и использовании в качестве электролитов безводных или маловодных растворов на основе органических растворителей. Электропроводность таких электролитов обычно на 1–2 порядка ниже электропроводности водных растворов [1]. По результатам исследований разработанного способа установлены электролиты и режимы электрохимического полирования сталей машиностроительного назначения с повышенным содержанием углерода, таких как 45, 65Г и У10А, обеспечивающие высокие показатели качества поверхности (низкое значение шероховатости обработанной поверхности и высокая отражательная способность).

В работе приводятся результаты моделирования распределения плотности тока при электрохимическом полировании сталей с повышенным содержанием углерода в электролите на основе органических растворителей.

В данном исследовании моделируются первичное и вторичное распределение плотности тока в электрохимической ячейке, разработанной для исследования влияния геометрических особенностей анода и характеристик применяемых электролитов на распределение плотности тока. Для создания модели использована программа Comsol 5.4.

Кинетика анода определяется с помощью экспериментальных данных поляризации, зависящих как от потенциала электрода, так и от температуры. Средняя плотность тока 3000 А/м^2 используется для анода. Предполагается, что кинетика катода (выделение водорода) очень быстрая, так что можно использовать условия первичного тока. Потенциал катода установлен на 0 В.

Задача решается с помощью стационарного исследования с вспомогательной разверткой, используемой для температур 25, 35 и 45 °С. Для моделирования принимались образцы из стали У10А в виде дисков диаметром 16 мм и толщиной 3 мм. Образцы погружались в электролит частично. Площадь погружаемой части образцов составляла 5 см^2 . Для поддержания плотности тока 3000 А/м^2 рабочее напряжение регулировалось в пределах 0...15 В.

На основании определенной конфигурации строится расчетная сетка конечных элементов для всех частей модели. Полученные результаты моделирования для первичного распределения плотности тока представлены на рис. 1.

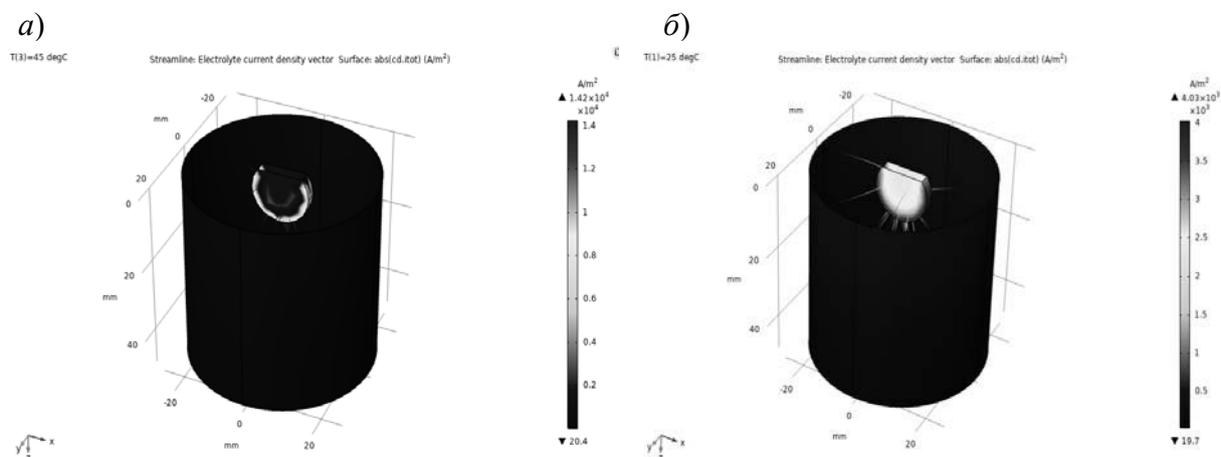


Рис. 1. Результаты моделирования для первичного (а) и вторичного (б) распределения плотности тока

По результатам выполненного моделирования установлено, что при обработке в электролите, состоящем из 20 масс. % раствора хлорной кислоты в растворителе на основе ледяной уксусной кислоты при температуре 25...45 °С и описанном расположении анода и катода, возникают неравномерное распределение плотности тока в электролите у поверхности анода и существенная ее зависимость от температуры электролита. Разница плотности тока между кромкой образца и его средней частью составляет до 0,2 А/см². При более высокой температуре электролита происходит преимущественное увеличение плотности тока на кромке погруженной части анода до 0,44 А/см² при 45 °С по сравнению с 0,40 А/см² при 25 °С. При 25 °С также наблюдается более равномерное распределение плотности тока по поверхности детали. Сравнение результатов моделирования первичного и вторичного распределения плотности тока показывает, что рассчитанная первичная плотность тока 0,145 А/см² не соответствует экспериментальным данным.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нисс, В. С. Применение электролитов на основе органических растворителей для электрохимического полирования сталей с повышенным содержанием углерода / В. С. Нисс, Ю. Г. Алексеев, В. А. Янович // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Международ. науч.-техн. конф., Могилев, 25–26 апр. 2019 г. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2019. – С. 144–145.

УДК 621.833; 539.3

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ДВУХПРОФИЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕСВ. Е. АНТОНЮК¹, А. В. БУДЗИНСКАЯ¹, А. В. КАПИТОНОВ²¹Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси
Минск, Беларусь²Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Зубчатые передачи являются одним из основных элементов, определяющих технический уровень отечественного машиностроения. Производство зубчатых передач требует значительных материальных затрат, в связи с чем особое значение приобретают методы экспресс-анализа параметров зубчатых передач в процессе производства с целью своевременного выявления причин отклонений в технологических процессах изготовления. Двухпрофильный контроль является комплексным и получил широкое применение на всех стадиях производственного контроля точности зубчатых колес. Возможности использования двухпрофильного контроля для оценки шумовых, вибрационных и эксплуатационных характеристик пока мало изучены, хотя проведенные исследования и зарубежный опыт показывают перспективность использования двухпрофильного контроля для такого контроля зубчатых передач. По ГОСТ 1643–81 и ГОСТ 1758–81 параметры измерительного межосевого расстояния (ИМР) приняты только для контролируемого зубчатого колеса, погрешность измерительного колеса условно принимается равной нулю.

На рис. 1 представлены модели зацепления контролируемого зубчатого колеса 1 при двухпрофильном контроле по ГОСТ 1643–81 и зацепления при двухпрофильном контроле с учетом погрешностей контролируемого 1 и измерительного 2 зубчатого колеса.

В действительности результатом измерения ИМР будет суммарное значение погрешностей контролируемого и измерительного зубчатого колеса, а математическую модель ИМР можно представить в виде

$$\Phi_{\Sigma} = \Phi_{\text{КК}} + \Phi_{\text{ИИ}}, \quad (1)$$

где Φ_{Σ} – колебание ИМР контролируемого зубчатого колеса по ГОСТ 1643–81; $\Phi_{\text{ИИ}}$ – точность измерительного колеса в параметрах колебания ИМР.

Колебание ИМР контролируемого зубчатого колеса является функцией

$$\Phi_{\text{КК}} = \Phi(F_{ir}'' , f_{ir}'' , j_n), \quad (2)$$

где F_{ir}'' , f_{ir}'' – колебание ИМР за оборот и на одном зубе; j_n – гарантированный боковой зазор.

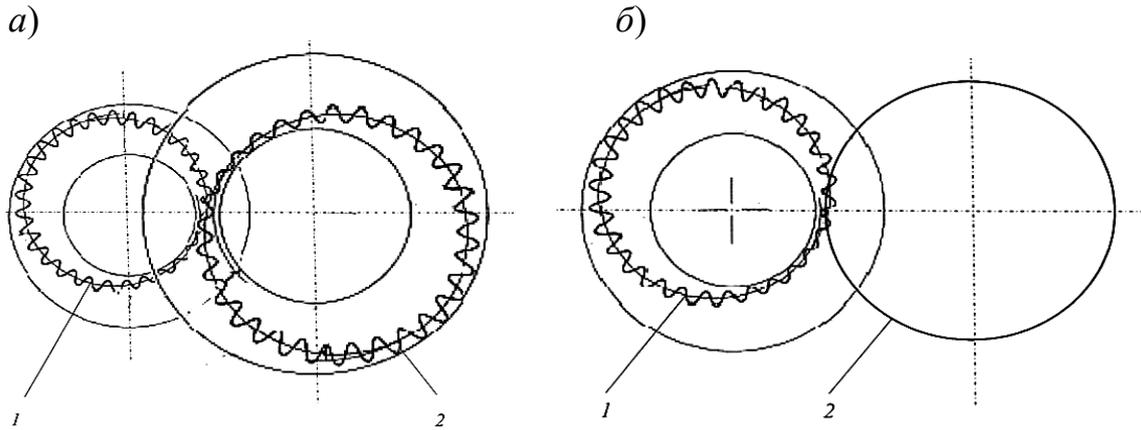


Рис. 1. Модель двухпрофильного контроля: *a* – по ГОСТ 1643–81; *б* – с учетом погрешностей контролируемого и измерительного зубчатого колеса

Точность измерительного колеса $\Phi_{ик}$

$$\Phi_{ик} = \Phi(F'_{ir}, f_{fr}, j_n), \quad (3)$$

где F'_{ir} – кинематическая погрешность; f_{fr} – погрешность профиля зуба.

Математическую модель результатов измерения ИМР можно представить в виде

$$\Phi_{\Sigma} = \Phi_{кк} + \Phi_{ик} = \Phi(F''_{ir}, f''_{fr}, j_n) + \Phi[F'_{ir}, f_{fr}, j_n]. \quad (4)$$

В зависимости (4) параметры $\Phi_{кк}$ и $\Phi_{ик}$ являются функцией от трех параметров – норм кинематической точности, норм плавности и норм бокового зазора; дальнейшее суммирование проведем в виде

$$\Phi_{\Sigma} = \Phi_{нкт}(F''_{ir}, F'_{ir}) + \Phi_{нп}(f''_{ir}, f_{fr}) + \Phi_{нбз}(j_n). \quad (5)$$

В конечном виде суммарная норма кинематической точности будет представлена в виде

$$\Phi_{нкт} = F''_{ir} + F_{изм} + F_{осн} + f_{зац}; \quad (6)$$

суммарная норма плавности

$$\Phi_{нп} = f''_{ir} + f_{зац}; \quad (7)$$

суммарная норма бокового зазора

$$\Phi_{нбз} = E_{a''s}, E_{a''t} + f_{зац} + F_{изм} + F_{осн}, \quad (8)$$

где F''_{ir} – колебание ИМР за оборот зубчатого колеса по ГОСТ 1643–81; f''_{ir} – колебание ИМР на одном зубе по ГОСТ 1643–81.

УДК 539.43: 621.982: 621.81
**СИЛОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ КАЛИБРОВАНИЯ
 БЕСШОВНЫХ КОЛЕЦ В КОЛЬЦЕРАСКАТНЫХ КОМПЛЕКСАХ**

В. Е. АНТОНЮК¹, В. В. ЯВОРСКИЙ²

¹Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси
 Минск, Беларусь

²Белорусский автомобильный завод
 Жодино, Беларусь

В Беларуси изготавливается большое количество деталей, имеющих форму бесшовных колец, – подшипники на Минском подшипниковом заводе, коронные шестерни планетарных передач на Минском тракторном, Минском автомобильном, Белорусском автомобильном заводах и Минском заводе колесных тягачей, специальные подшипники на Белорусском автомобильном заводе.

Процесс кольцераскатки начинается при температуре около 1250 °С и заканчивается при температуре около 900 °С. Дальнейшая технология охлаждения и правки кольца при поставке кольцераскатных комплексов обычно не предусматривается и разрабатывается для конкретных колец непосредственно изготовителем колец. При охлаждении кольца происходит температурная усадка и коробление кольца, в результате достижение окончательной точности колец зависит от ряда факторов и может различаться при изготовлении одних и тех же колец для различных производств.

Для повышения точности бесшовных колец, изготовленных на кольцераскатных комплексах, используются экспандеры, которые имеют практически одну кинематическую схему, основанную на использовании клинового механизма с углом наклона клиньев 6°. Наиболее распространенная конструкция экспандера представлена на рис. 1.



Рис. 1. Конструкция экспандера для исправления геометрической формы кольца

Экспандер состоит из подвижных в радиальном направлении плунжеров, которые перемещаются конусом от гидравлического привода. Ис-

пользуемая схема экспандеров позволяет выполнять статическую правку кольца, что требует создания напряжений в кольце выше предела текучести, в результате в известных экспандерах используется гидропривод, создающий усилия от 5000 до 15000 кН.

Усилие разжима, действующее на один плунжер,

$$W = \frac{Q}{n} \cdot \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cdot \operatorname{tg}\varphi_{2np}}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}, \quad (1)$$

где Q – усилие гидроцилиндра для перемещения конуса; α – угол конуса; φ – угол трения на наклонной плоскости конуса; φ_{2np} – угол трения плунжера; n – число плунжеров.

С целью повышения усилий правки, а также возможности использования технологии динамической стабилизации, предлагается вместо клинового механизма для перемещения плунжеров использовать рычажно-шарнирный механизм, конструктивная схема которого приведена на рис. 2.

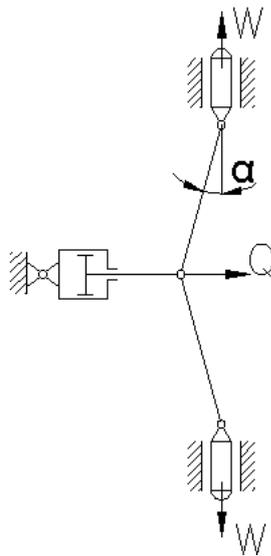


Рис. 2. Конструктивная схема рычажно-шарнирного механизма

В этом случае усилие разжима, действующее на один плунжер,

$$W = \frac{2Q}{n} \cdot \left[\frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \beta)} - \operatorname{tg}\varphi_{2np} \right], \quad (2)$$

где Q – усилие гидроцилиндра; α – угол наклона; β – дополнительный угол, учитывающий потери на трение в шарнирах; φ_{2np} – угол трения плунжера; n – число плунжеров.

Использование рычажно-шарнирного механизма позволяет увеличить усилие на плунжере в 2,5 раза по сравнению с клиновым механизмом при одних и тех же параметрах гидропривода, что создает возможности для существенного снижения стоимости экспандера.

УДК 621.787

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОПОГРАФИИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ИНЕРЦИОННО-ИМПУЛЬСНОМ РАСКАТЫВАНИИ

В. В. АФАНЕВИЧ, В. М. ПАШКЕВИЧ, Я. Н. МЕТЕЛИЦА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

При инерционно-импульсном раскатывании гладких цилиндрических отверстий деформирующие шары в момент нанесения ударов по обрабатываемой поверхности располагаются относительно опорного элемента, который приводит их в движение попарно в противофазе (рис. 1).

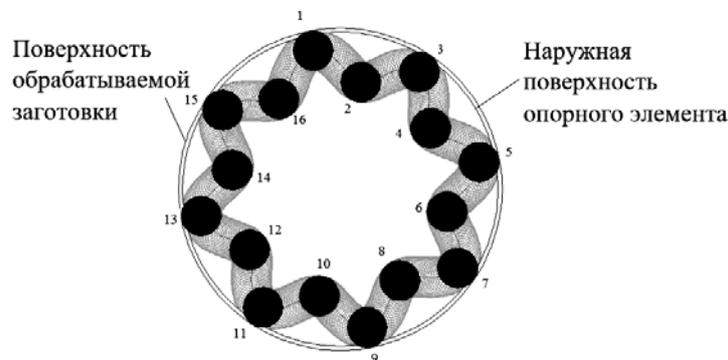


Рис. 1. Расположение деформирующих шаров относительно опорного элемента при инерционно-импульсном раскатывании

Из рис. 1 видно, что шары, находящиеся на вершинах волнообразной канавки (условно могут быть пронумерованы нечетными числами), в текущий момент времени наносят удары по обрабатываемой поверхности. Далее, по мере поворота опорного элемента, деформирующие шары, находящиеся во впадинах (условно пронумерованы четными числами), и шары, находящиеся на вершинах, меняются местами. Если представить фрагмент развертки обрабатываемой поверхности, то топография следов от деформирующих шаров будет выглядеть так, как показано на рис. 2. При этом закрашенные окружности представляют собой следы от нечетных шаров, незакрашенные – от четных.

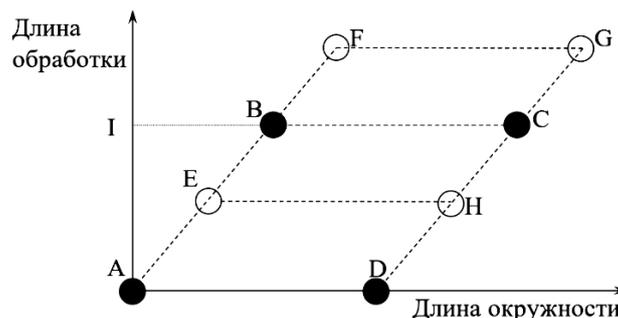


Рис. 2. Топография следов от деформирующих шаров на обработанной поверхности

Топография обрабатываемой поверхности представляет собой совокупность следов, образующих систему параллелограммов, аналогичных параллелограмму ABCD. Из рисунка видно, что внутри размещаются следы, равные по площади двум окружностям, соответствующим следам от шаров. Если при обработке обрабатываемая поверхность покрыта следами от деформирующих шаров (поверхность обработана полностью), то возникает такое условие эквивалентно требованию

$$2S_{\text{сл}} \geq S_{\text{ABCD}}, \quad (1)$$

где $S_{\text{сл}}$ – площадь следа от деформирующего шара; S_{ABCD} – площадь параллелограмма ABCD.

Площадь параллелограмма ABCD, исходя из рис. 2, можно найти по формуле

$$S_{\text{ABCD}} = AD \cdot AI. \quad (2)$$

Расстояние AD определяется как отношение длины окружности обрабатываемой поверхности к числу периодов опорного элемента и вычисляется следующим образом:

$$AD = \frac{\pi \cdot D}{N_p}, \quad (3)$$

где D – диаметр обрабатываемой поверхности; N_p – число периодов опорного элемента.

Так как величина AI – это расстояние, которое преодолевает инструмент в направлении подачи за время, через которое одноименная группа шаров (четная или нечетная) наносит удары по обрабатываемой поверхности, то

$$AI = \frac{U \cdot S_0}{N_p}, \quad (4)$$

где U – передаточное отношение редуцирующего узла инструмента; S_0 – подача инструмента на оборот.

Таким образом, зная площадь следа можно подобрать такую подачу на оборот инструмента, при которой следы от деформирующих элементов полностью покроют обрабатываемую поверхность.

Так как на площадь следа влияет только частота вращения заготовки или инструмента (в зависимости от применяемого для обработки оборудования), то обеспечение заданной топографии следов деформирующих шаров может быть реализовано на основе выбора подачи инструмента, которая обеспечивает либо полную обработку поверхности, либо нанесение регулярного микрорельефа.

УДК 621.7
АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ ЗВУКОВОЕ УПРОЧНЕНИЕ
КАК СПОСОБ УПРОЧНЕНИЯ ГОРНО-РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Д. Д. БОГДАН, А. Н. ЖИГАЛОВ
Барановичский государственный университет
Барановичи, Беларусь

Горно-режущий инструмент выполняет главную функцию работающего в шахте комбайна – разрушение горной породы. Рабочим инструментом выступают резцы, которые представляют собой цельную сборочную единицу, состоящую из державки, выполненной из легированной конструкционной стали, и вставки из твердого сплава или быстрорежущей стали. Такие резцы эксплуатируются в тяжелых условиях, а именно: испытывают серьезные, часто изменяющиеся по характеру и величине ударные нагрузки. Одним из современных методов улучшения этих эксплуатационных характеристик является аэродинамическое звуковое упрочнение (АДУ) [1, 2].

На предприятии ОАО «ЛМЗ Универсал» (г. Солигорск) в январе 2020 г. выпущена опытная партия (300 шт.) резцов ЛМКЯ 34.359.00-02. Эти резцы оснащены экспериментальными вольфрамо-кобальтовыми твердосплавными вставками, которые производит ГК «АЛМАЗ» (г. Москва, Россия). По договоренности с ОАО «Беларуськалий» эти резцы должны пройти испытания в шахте четвертого рудоуправления и в случае успешных результатов будет приниматься решение о серийном производстве данного типа резцов. Половину экспериментальной партии резцов (150 шт.) было решено подвергнуть упрочнению методом АДУ для проведения последующих сравнительных испытаний в шахте.

Упрочнение проводилось в феврале 2020 г. на предприятии ОАО «ЛМЗ Универсал». Техническая часть процесса упрочнения описана в патенте ВУ 21049 [1]. Для упрочнения зубков разработана специальная техническая оснастка, представленная на рис. 1. Резцы вместе с оснасткой, предварительно нагретые до температуры 320 °С, помещались в установку для АДУ, в которой проходили два цикла упрочнения.

Упрочнение методом АДУ позволяет уменьшить негативные воздействия, которые неизбежно возникают как в процессе изготовления твердого сплава, так и в процессе пайки резца. В результате этих воздействий образуются внутренние напряжения в твердом сплаве и дефекты кристаллической решетки. Так как в процессе АДУ происходит измельчение фаз и их перераспределение, то удастся существенно снизить воздействие вышеперечисленных негативных воздействий, что в итоге и позволяет увеличить ресурсную стойкость резцов.

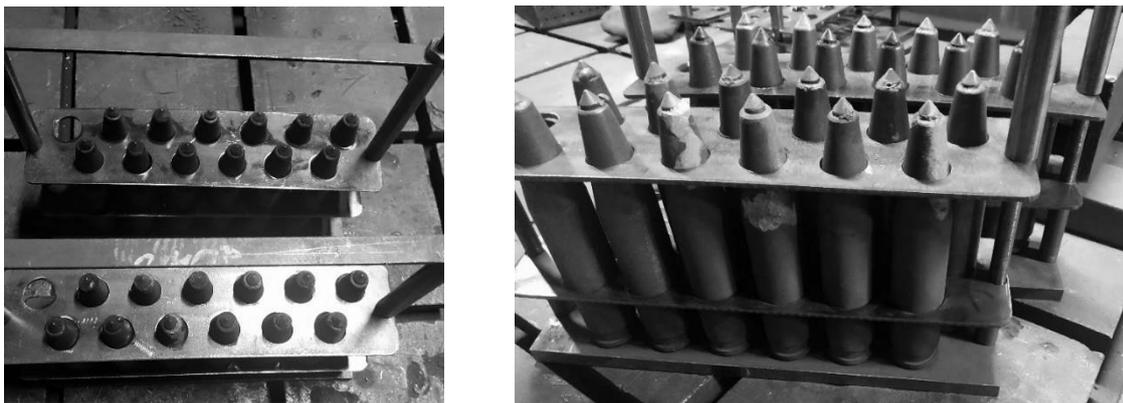


Рис. 1. Расположение резцов в оснастке для упрочнения методом АЗУ

Следует отметить, что авторами статьи уже проводились шахтные испытания резцов типа Д6-22 производства ОАО «ЛМЗ Универсал», упрочненных методом АЗУ [3]. На основании акта шахтных испытаний упрочненные резцы показали высокую стойкость к разрушению и были рекомендованы к промышленному применению на ОАО «Беларуськалий».

В предстоящих в марте 2020 г. шахтных испытаниях предусмотрен сравнительный анализ упрочненных и неупрочненных резцов на одном и том же калийном горизонте и на одном и том же комбайне. Это позволит дать наиболее объективную сравнительную оценку упрочненных и неупрочненных резцов, установить влияние метода АДУ на экспериментальные вольфрамсодержащие твердосплавные режущие вставки производства ГК «АЛМАЗ». Упрочненные резцы доставлены в шахту ОАО «Беларуськалий», где начаты производственные испытания. Результаты испытаний будут опубликованы в последующих работах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способ аэродинамического упрочнения изделий: пат. ВУ 21049 / А. Н. Жигалов, Г. Ф. Шатуров, В. М. Головков. – Опубл. 30.06.2017.
2. **Жигалов, А. Н.** Актуальность применения аэродинамического звукового упрочнения для повышения ресурсной стойкости твердосплавных зубков / А. Н. Жигалов, Д. Д. Богдан // Содружество наук. Барановичи-2018: материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф., Барановичи, 15 мая 2018 г. – Барановичи: БарГУ, 2018. – С. 36–38.
3. **Жигалов, А. Н.** Исследование работоспособности зубков Д6-22М, упрочненных методом аэродинамического звукового упрочнения, в шахтных условиях на ОАО «Беларуськалий» / А. Н. Жигалов, Д. Д. Богдан // Техника и технологии: инновации и качество. Барановичи-2018: материалы V Междунар. науч.-практ. конф., Барановичи, 20 дек. 2018 г. – Барановичи: БарГУ, 2018. – С. 44–45.

УДК 621.9.048
 ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТАНГЕНЦИАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ
 ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОГЕОМЕТРИИ
 ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

А. А. ВЛАДИМИРОВ, А. Н. АФОНИН, А. В. МАКАРОВ
 Старооскольский технологический институт имени А. А. Угарова
 (филиал) Национального исследовательского технологического
 университета «МИСиС»
 Старый Оскол, Россия

Метод вибрационного точения с применением тангенциальных колебаний показал достаточную эффективность для обработки материалов резанием. Основные преимущества, обеспечиваемые данным методом, заключаются в снижении шероховатости поверхности, дроблении стружки и снижении сил резания при точении труднообрабатываемых материалов.

Применение метода вибрационного точения позволяет сочетать на обрабатываемой поверхности две схемы микропрофиля шероховатости, которые соответствуют продольному точению резцом и фрезерованию цилиндрической фрезой (рис. 1).

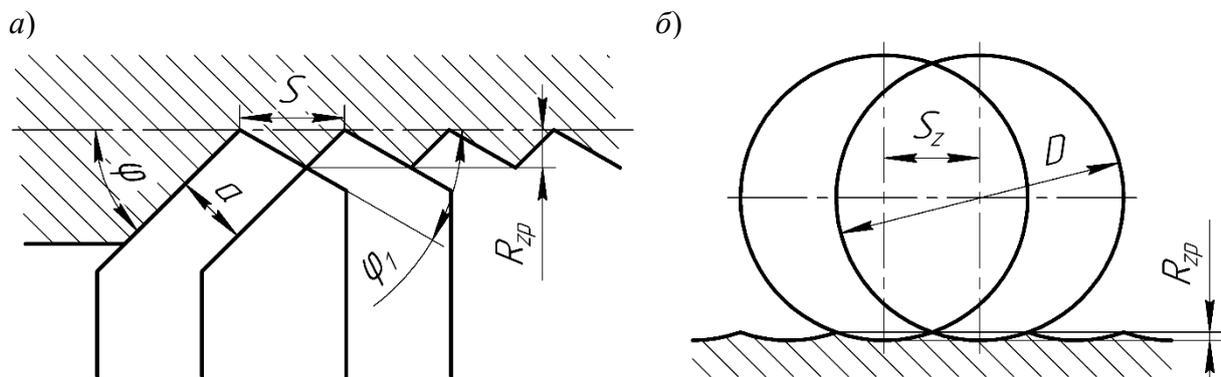


Рис. 1. Схема микропрофиля обработанной поверхности: *a* – при точении; *б* – при фрезеровании

Было установлено, что механизм формирования комбинированного микропрофиля обрабатываемой поверхности существует при определенном соотношении амплитудно-частотных параметров тангенциальных колебаний режущего инструмента и режимов резания. Моделирование такой формы микрогеометрии поверхности представляется возможным при помощи 3D-моделирования кинематики движения инструмента.

Модели поверхностей при различных частотах колебаний, полученные моделированием в программе КОМПАС-3D, представлены на рис. 2.

Нахождение оптимального диапазона значений частоты колебаний инструмента сводится к определению таких частот, для которых количе-

ство тангенциальных колебаний инструмента за время одного оборота заготовки должно быть кратно определенному целому числу.

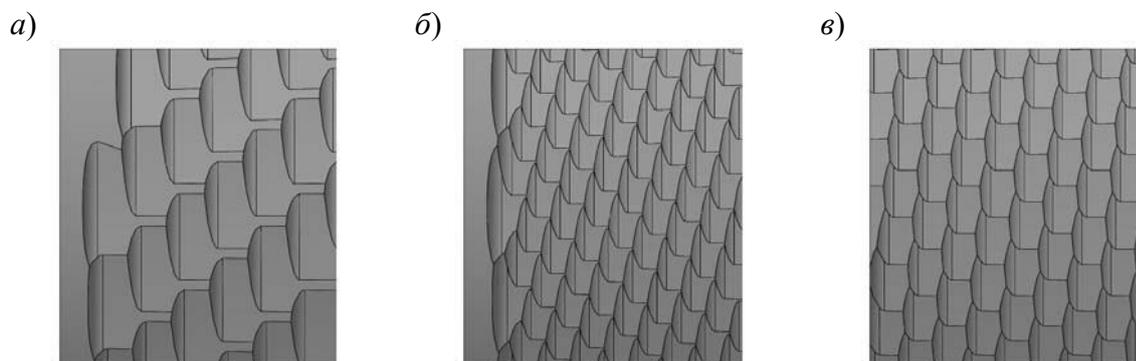


Рис. 2. Вид поверхности при 3D-моделировании тангенциального воздействия режущего инструмента на обрабатываемую заготовку: *a* – $A = 10$ мкм, $f = 23,9$ Гц; *б* – $A = 50$ мкм, $f = 80$ Гц; *в* – $A = 70$ мкм, $f = 70$ Гц

Нахождение оптимального диапазона значений частоты колебаний инструмента осуществлялось по зависимости

$$\frac{f}{n} = int, \quad (1)$$

где f – частота тангенциальных колебаний режущего инструмента, Гц; n – частота вращения обрабатываемой заготовки, Гц; int – коэффициент, отвечающий за количество тангенциальных колебаний инструмента за время одного оборота заготовки.

Стоит отметить, что определение по такой зависимости возможно при постоянном диаметре обрабатываемой заготовки.

Исходя из того, что исследование поверхностного слоя и формообразования микронеровности поверхности относится к одному из важнейших показателей качества любой машины, можно считать, что применение тангенциальных колебаний инструмента для формирования микрогеометрии поверхности носит фундаментальный характер.

Исследование влияния тангенциальных колебаний инструмента как метода формирования микрогеометрии поверхности является актуальным.

Сформулированы направления дальнейших исследований тангенциальных колебаний инструмента, которые заключаются в:

- исследовании физических основ тангенциальных колебаний инструмента на формирование микрогеометрии поверхности;
- исследовании соотношения амплитудно-частотных характеристик тангенциальных колебаний и кинематических параметров движения обрабатываемой детали;
- исследовании возможности применения тангенциальных колебаний для формообразования микрогеометрии поверхности при операциях механической обработки и поверхностного пластического деформирования выглаживанием.

УДК 621.9

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ
ПОСРЕДСТВОМ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ С ЧПУ

Д. С. ГАЛЮЖИН, Я. Н. МЕТЕЛИЦА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В настоящее время современное машиностроение отказывается от применения универсального оборудования и почти полностью переходит на применение станков с ЧПУ. Как правило, большинство производств делает этот переход поэтапным, что создает определенные сложности для людей, работающих на универсальном оборудовании, ввиду отсутствия специальной подготовки. Работа на станке с ЧПУ требует не только знаний универсального оборудования и принципов работы его узлов, но и понимания структуры управляющих программ, умения программировать простые операции и т. д.

Сегодняшнее разнообразие и уровень развития станков с ЧПУ позволяют рынку технологического оборудования представлять покупателю станки различных ценовых диапазонов, мощностей, возможностей и т. д. Крайне нецелесообразным является вложение существенных для производства средств в оборудование, возможности которого значительно превосходят технологическое развитие производства. Помимо этого, покупка сложного оборудования влечет за собой массу вопросов, связанных с наладкой оборудования, его технического обслуживания и ремонтом. Весь этот комплекс мероприятий влечет за собой также и повышение технического уровня специалистов всех уровней. В связи с этим наиболее рациональным является покупка относительно дешевого станка для отработки технологии, умения написания управляющих программ и т. д.

Явным конкурентным преимуществом применения станков с ЧПУ благодаря быстрой подготовке управляющих программ является быстрый переход к производству и выпуск продукции требуемого качества и объема. Современное проектирование изделий производится в САД-системах (SolidWorks, Siemens NX, Компас 3D и пр.). Это позволяет использовать результат конструкторского проектирования в виде чертежей или трехмерных моделей для создания управляющих программ посредством САМ-систем (CAMWorks, SolidCam, ArtCAM, MasterCAM и т. д.). Данный метод составления управляющих программ для станков является более технологичным и менее затратным по временным ресурсам, особенно при

обработке достаточно сложных по геометрии изделий, а также позволяет проимитировать процесс обработки для выявления недостатков и оптимизации программы. Для управления простейшим станком с ЧПУ, спроектированным на базе универсальных шаговых двигателей (реже сервоприводов), используется достаточно простое программное обеспечение для управления станками с ЧПУ – Mach3, LinuxCNC и др.

В работе производилась модернизация устаревшего оборудования на действующем производстве. На школьном токарно-винторезном станке ТВ-6 были установлены шаговые двигатели на привода продольной и поперечной подачи, а также установлена система ЧПУ. Коробка скоростей и коробка подач были полностью убраны. Двигатель привода главного движения также был заменен на более мощный и дополнен системой частотного регулирования, что позволило плавно изменять частоту вращения шпинделя. Итогом данной модернизации в рамках производства явилась возможность токарной обработки деталей в серийном масштабе с высокой повторяемостью и с минимальным процентом брака. Была отработана технология получения сложных профилей роликов прокатных станков.

Следующим этапом модернизации явилось проектирование и изготовление портального фрезерного станка с ЧПУ малой мощности для обработки древесины, полимеров и цветных металлов на малых подачах с относительно небольшим размером стола 1200×800 мм. Далее для расширения технологических возможностей станка была спроектирована и изготовлена четвертая ось, которая значительно расширила технологические возможности оборудования.

Результатом проведенной работы на действующем производстве явилось получение значительных знаний в области токарной и фрезерной обработки с ЧПУ, что позволило произвести несколько запусков серийных изделий в самые краткие сроки и отличным качеством. Данный комплекс мероприятий позволил перейти к модернизации более сложного оборудования и начать работы по переоборудованию координатно-пробивного прессы с ЧПУ фирмы «Насо», а также созданию портального оптоволоконного лазерного станка с ЧПУ для раскроя листового металла на базе современного контроллера движения KFLOP и применения цифровых сервоприводов. Изучение данного контроллера позволит создавать в дальнейшем современное технологическое оборудование с возможностью управления до восьми осей.

УДК 621.785
 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЯ ИЗНОСА ВРАЩАЮЩЕГОСЯ
 РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА, УПРОЧНЕННОГО
 АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ ЗВУКОВЫМ МЕТОДОМ

И. А. ГОРАВСКИЙ, А. Н. ЖИГАЛОВ, Т. В. ДЕЙХИНА
 Барановичский государственный университет
 Барановичи, Беларусь

Под действием различных факторов, которые действуют в процессе обработки деталей резанием, происходит постепенный износ инструмента. При этом увеличиваются силы резания, растет температура в зоне резания, изменяется размер инструмента. Поскольку размер инструмента является одним из составляющих звеньев размерной цепи технологической системы, то его изменение приводит к изменению замыкающего звена-размера, получаемого в данной технологической операции. Таким образом, износ инструмента сказывается на точности обработки.

В зависимости от физической природы износа существуют несколько видов износа режущих инструментов: абразивный, адгезионный, диффузионный, окислительный, электродиффузионный. Одной из задач, возникающих при определении режимов обработки, является выбор критерия износа. В зависимости от вида обработки, от требований к точности и состоянию поверхностного слоя различают следующие критерии износа инструмента: «блестящей полоски», силовой, оптимального износа, технологический. С точки зрения обеспечения требуемой точности наиболее важным является технологический критерий. Согласно этому критерию, инструмент подлежит замене, если наличие износа не позволяет получить размер детали в пределах требуемого допуска или если не обеспечивается требуемая шероховатость поверхности. Размерный износ – это износ, измеряемый по нормали к обрабатываемой поверхности; для фрезерного инструмента он обусловлен износом по задней поверхности (рис. 1) и связан с ним следующим соотношением:

$$U = h_3 \operatorname{tg} \alpha, \quad (1)$$

где h_3 – износ по задней поверхности; α – задний угол [1, 2].

Для повышения стойкости металлорежущего инструмента, работающего при прерывистом резании, разработан метод аэродинамического звукового упрочнения [3], позволяющий на основе воздействия резонансных волн на звуковой частоте уменьшать плотность дислокаций структуры при

сохранении исходной твердости и за счет чего повышать стойкость инструмента. Однако данный метод практически не изучен при применении к быстрорежущим инструментальным материалам.

При лабораторных исследованиях износа концевых фрез по задней поверхности с использованием микроскопа и передвижного стола с двумя микрометрами в двух плоскостях для определения длины износа режущей кромки зуба через равные периоды времени работы инструмента было затруднительно вследствие одновременного стачивания в процессе резания режущей кромки зуба как по задней поверхности, так и за счет того, что уменьшался диаметр самой фрезы (рис. 2). Поэтому для нахождения абсолютной длины износа зуба необходимо использовать измерения длины всей режущей кромки зуба до обработки, а в последующем – длины режущей кромки после затупления (скругления) кромки, причем измерительную базу следует выбирать с обратной стороны режущей кромки. Разница этих значений и будет износом.

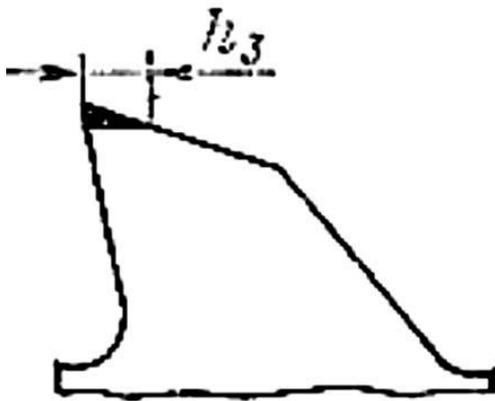


Рис. 1. Износ по задней поверхности зуба фрезы

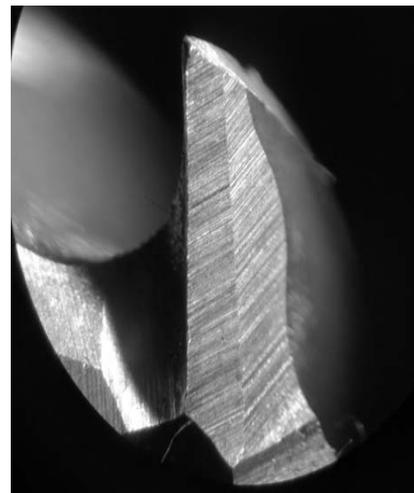


Рис. 2. Вид стачиваемой режущей кромки зуба концевой фрезы под микроскопом

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесов, И. М. Основы технологии машиностроения: учебник / И. М. Колесов. – 3-е изд., стер. – Москва: Высшая школа, 2001. – 591 с.
2. Матвеев, В. В. Размерный анализ технологических процессов / В. В. Матвеев. – Москва: Машиностроение, 1982. – 264 с.
3. Жигалов, А. Н. Теоретические основы аэродинамического звукового упрочнения твердосплавного инструмента для процессов прерывистого резания: монография / А. Н. Жигалов, В. К. Шелег. – Могилев: МГУП, 2019. – 213 с.

УДК 681.5.015

СИНТЕЗ КОМПОНОВКИ РОБОТИЗИРОВАННОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ
НА БАЗЕ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА FANUC M-710iC/50

Е. Ю. ДЕМИДЕНКО¹, М. М. КОЖЕВНИКОВ²,
О. А. ЧУМАКОВ³, И. Э. ИЛЮШИН²

¹Белорусско-Российский университет

²Могилевский государственный университет продовольствия
Могилев, Беларусь

³Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Для улучшения технического решения формирования траектории движения робота-манипулятора в процессе лазерной резки необходимо производить выбор оптимального расположения детали, при котором должен обеспечиваться свободный доступ инструмента ко всем точкам траектории резки, а также наиболее «эффективные» движения робота в процессе резки. Соответствующую задачу выбора оптимального положения детали в рабочем пространстве робота (или эквивалентную ей задачу оптимизации расположения робота относительно детали) можно сформулировать следующим образом: по имеющейся траектории резки в системе координат детали и полной кинематической модели манипуляционной системы, описывающей прямое и обратное преобразование координат, а также фиксирующей столкновения между элементами роботизированного технологического комплекса (РТК), определить совокупность оптимальных положений робота относительно изделия.

Процесс поиска оптимального положения робота относительно траектории резки разбивается на несколько этапов. В связи с тем, что при перемещении инструмента по траектории переход из одной конфигурации робота к другой приводит к резкому изменению скорости суставов, что по технологии является недопустимым, оптимизация положения основания для каждой конфигурации производится отдельно. Изначально задается область поиска, после чего для определенной конфигурации робота производится поиск координат основания, для которых все точки траектории достижимы и отсутствуют столкновения между элементами РТК и изделием.

Определение достижимости инструментом заданной точки траектории производится путем решения обратной задачи кинематики. Так как эта задача решается для избыточных манипуляционных систем, то для каждой точки траектории может быть найдено несколько решений, обусловленных вращением инструмента вокруг оси режущего луча, и для каждого такого решения производится анализ отсутствия столкновений. Отсутствие реше-

ния хотя бы для одной точки траектории свидетельствует о невозможности размещения основания робота в рассматриваемом узле сетки. Таким образом, для заданной конфигурации робота формируется массив данных, определяющих декартовы координаты x , y , z , соответствующие допустимой локации, ее углы ориентации a , b , c , индекс конфигурации M и значения обобщенных координат суставов манипулятора q . Массив полученных данных представляется в виде многослойного направленного графа, где каждый слой соответствует определенному индексу конфигурации. На полученном графе для каждого индекса конфигурации решается задача поиска оптимального пути, обеспечивающего как требуемый закон движения технологического инструмента, так и минимум перемещений по каждому суставу.

Исследование эффективности предложенного метода осуществлялось на примере РТК лазерной резки на базе робота-манипулятора Fanuc M-710iC/50 (рис. 1). Результаты тестирования подтверждают работоспособность предложенного подхода для синтеза компоновки РТК.

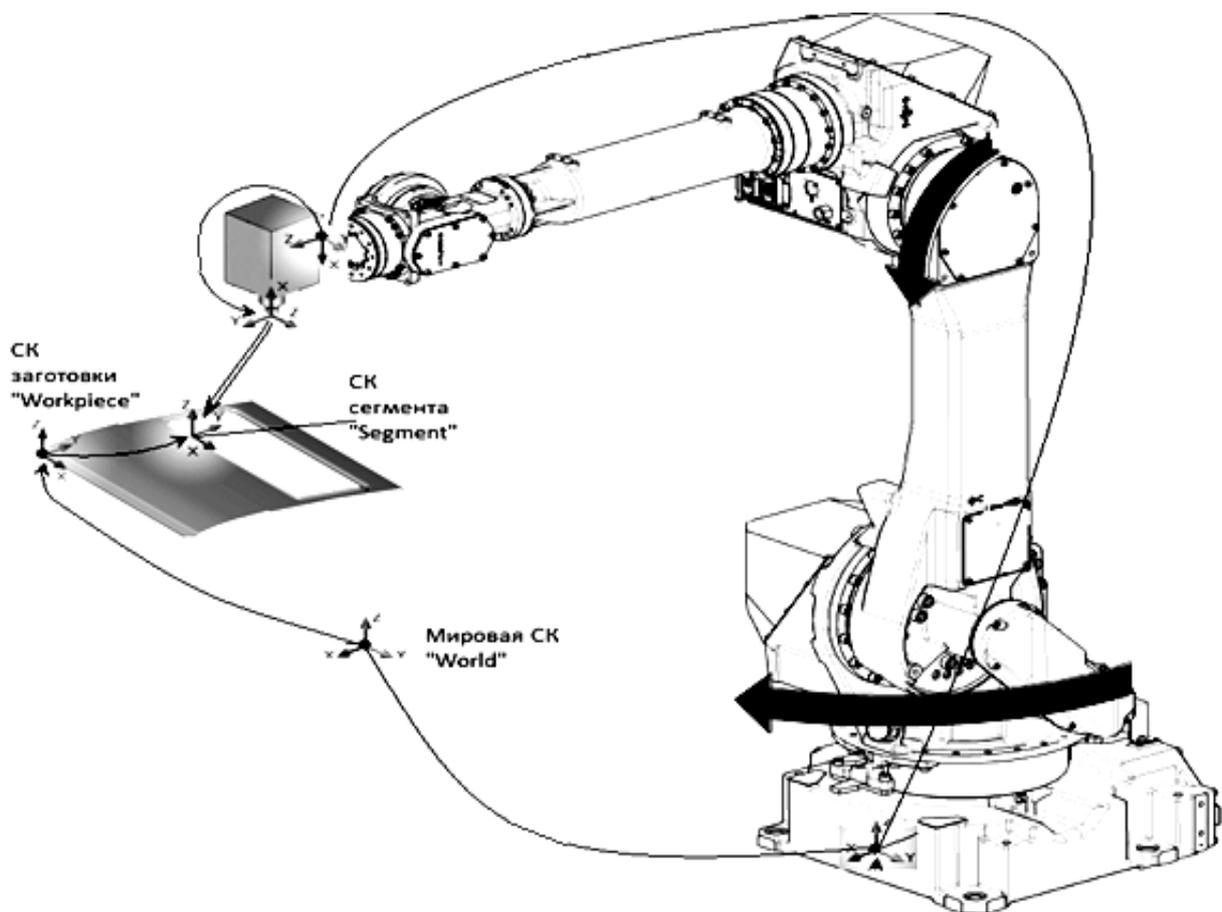


Рис. 1. Роботизированный технологический комплекс лазерной резки на базе манипулятора Fanuc M-710iC/50

УДК 621.787
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ДЕТАЛИ
ПРИ СОВМЕЩЕННОМ МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКОМ НАКАТЫВАНИИ

А. М. ДОВГАЛЕВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В настоящее время отсутствуют рекомендации по назначению режимов процесса совмещенного магнитно-динамического накатывания (СМДН).

Для устранения указанного недостатка автором разработана математическая модель упругопластической деформации исходной шероховатости поверхности деформирующим шаром при СМДН, учитывающая снижение требуемых силовых (энергетических) параметров процесса вследствие воздействия на поверхностный слой нежесткой ферромагнитной детали вращающимся магнитным полем.

Получена теоретическая зависимость, устанавливающая взаимосвязь между исходной шероховатостью поверхности упрочняемой детали, механическими характеристиками обрабатываемого материала (пластической динамической твердостью), радиусом и массой деформирующего шара инструмента, режимами процесса СМДН (скоростью нормального удара, подачей и индукцией действующего магнитного поля).

Получена математическая зависимость для определения глубины упрочнения поверхностного слоя ферромагнитной детали при СМДН.

Проведена экспериментальная проверка полученных теоретических зависимостей и подтверждена их адекватность (расхождение не более 14 %).

В работе предложена методика (алгоритм) назначения режимов процесса СМДН, обеспечивающих требуемый комплекс параметров качества поверхностного слоя.

1. Выбор диаметра деформирующих шаров инструмента (с учетом твердости поверхностного слоя детали).

2. Установление предельных значений подач (с учетом рекомендаций по кратности перекрытия следов обработки).

3. Расчет необходимой величины контактного сближения деформирующего шара с упрочняемой деталью.

4. Определение требуемой скорости нормального удара деформирующего шара по упрочняемой поверхности.

5. Нахождение требуемой частоты (скорости) вращения инструмента (на основе решения полученных дифференциальных уравнений, устанавливающих взаимосвязь параметров процесса СМДН с кинематическими характеристиками деформирующих шаров).

УДК 621.785
МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ
МАТЕРИАЛОВ, ОСНОВАННЫЕ НА ТЕРМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

А. Н. ЕЛИСЕЕВА, М. А. РАБЫКО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Одними из важных характеристик деталей машин, работающих в узлах, являются их повышенные эксплуатационные характеристики, к которым относятся износостойкость поверхности, прочность, коррозионная стойкость и др. Как правило, указанные характеристики обуславливаются состоянием поверхностного слоя детали.

Для получения поверхностного слоя с повышенными свойствами применяют классические методы, такие как поверхностная закалка ТВЧ, объемная закалка и различные виды химико-термической обработки.

Термическая обработка является одной из основных операций в машиностроительном производстве, от качественного проведения которой зависит работоспособность изделия.

Одними из видов термообработки металлов являются закалка и отпуск сталей. Тепловое воздействие на металл, меняя его структуру, влияет на механические свойства материала, долговечность и надежность изделий и позволяет уменьшить размеры и массу механизмов и машин.

Термическая обработка, состоящая из закалки и отпуска, является наиболее эффективным методом для конструкционных и инструментальных сталей, у которых в результате обработки твердость увеличивается в 3–4 раза.

Химический состав, а также скорость нагрева и охлаждения стали в значительной степени влияют на критические значения температур, так как при нагреве и охлаждении происходит существенная перестройка атомной решетки. В результате этого после закалки сталь становится твердой, но вместе с тем хрупкой. Однако не каждый металл способен подвергаться процессу закалки, так как при нагреве может измениться структура металла, в результате чего возникают дефекты, такие как закалочные трещины, недостаточная твердость, мягкие пятна, внутренние напряжения, деформация и коробление.

Для снятия внутренних напряжений все закаленные стали подвергаются отпуску. В результате отпуска несколько снижается твердость и повышается пластичность стали. Выбор вида отпуска позволяет соблюсти баланс между прочностью и твердостью изделия.

Термическая обработка, включающая закалку и отпуск, является одним из самых важных видов технологических операций при формировании качественных изделий. Однако в ряде случаев данный вид обработки не позволяет достичь требуемого результата, особенно если необходимо обеспечить большую износостойкость поверхности при относительной пластичности сердцевины, поэтому в настоящее время ведется большая работа по разработке перспективных методов, основанных на воздействии тлеющего разряда, которая дает возможность дополнительно повысить износостойкость в 1,5–2 раза.

УДК 621.7

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА
ПНЕВМОВИБРОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
НА СВОЙСТВА УПРОЧНЕННЫХ СЛОЕВ

И. Д. КАМЧИЦКАЯ, В. А. ЩЁКОТОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Для исследования влияния технологических параметров процесса импульсно-ударной пневмовибродинамической обработки (ИУ ПВДО) [1] на свойства упрочненных слоев образцов была разработана компьютерная модель в среде ANSYS.

Рассматривая зону контакта шара с поверхностью, модель позволила точно локализовать лунку, возникшую при ударе с поверхностью. Исследовав графики удара, установили, что деталь претерпевает нагрузку во время удара шара по всей толщине, наибольшая нагрузка возникает по средней линии между основанием и местом удара. После снятия нагрузки напряжения спадают и остаются непосредственно в месте удара.

Исследованиям подвергались образцы, изготовленные как из стали, так и из чугуна. В качестве технологических параметров процесса обработки рассматривались сила удара и диаметр шара-ударника.

В результате моделирования были получены диаграммы суммарных напряжений, спектральные визуализации статуса контакта и пятно контакта.

Проведя анализ промоделированных данных, можно сделать вывод, что распределение суммарных напряжений при различной силе нагрузки на шар-ударник изменяется незначительно.

Очевидно, что размер шара-ударника имеет большое влияние на спектр выходных параметров – статус контакта, размер отпечатка на обрабатываемой поверхности, поведение и распределение суммарных напряжений, значение деформации отпечатка и глубины залегания микротвердости. Увеличение диаметра шара-ударника значительно уменьшает все выходные параметры, на что указывает спад линий диаграммы суммарных напряжений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологические основы финишной упрочняющей пневмовибродинамической обработки нежестких деталей в машиностроении / А. П. Минаков [и др.]. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2015. – 251 с.

УДК 621.7

ИМПУЛЬСНО-УДАРНОЕ УПРОЧНЕНИЕ СЕРОГО ЧУГУНА
ПНЕВМОВИБРОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ

И. Д. КАМЧИЦКАЯ, В. А. ЩЁКОТОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Исследование упрочнения поверхностного слоя импульсно-ударной пневмовибродинамической обработкой (ИУ ПВДО) [1] проводили на модельных образцах, выполненных из ферритно-перлитного серого чугуна марки СЧ20 ГОСТ 1412–85.

После травления микроструктура исходных образцов состояла из ферритно-перлитной металлической матрицы с включением цементита Fe_3C и пластинчатого графита С. Микротвердость поверхности образцов составляла 1600...1800 МПа.

ИУ ПВДО существенно изменила структурное состояние поверхностных слоев образцов. При этом важным фактором выступала предшествующая обработка поверхности перед упрочнением. Установлено, что технология шлифования с использованием смазочно-охлаждающей жидкости с последующей ИУ ПВДО позволила повысить микротвердость поверхностных слоев до $H_{0,490} = 3500$ МПа, а технология тонкого фрезерования поверхности с последующей ИУ ПВДО повысила микротвердость до $H_{0,490} = 3500$ МПа.

При исследовании микроструктуры шлифов образцов после ИУ ПВДО было установлено, что упрочнение связано с увеличением плотности дислокаций в поверхностных слоях, которое происходит из-за измельчения цементитных частиц [2] в процессе интенсивного пластического течения слоев при обработке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка влияния пневмовибродинамической обработки на микро-рельеф обработанных плоских поверхностей по стандарту DIN EN ISO 13565:1998 / А. П. Минаков [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2017. – № 1 (54). – С. 63–73.

2. **Леонов, В. М.** Металлографический анализ образцов после пневмовибродинамической обработки / В. М. Леонов, И. Д. Камчицкая, В. А. Щёкотов // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 25–26 апр. 2019 г. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2019. – С. 54–55.

УДК 621.9.08
МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТОДОМ СКАНИРОВАНИЯ
И ОЦИФРОВКИ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

А. В. КАПИТОНОВ¹, В. Е. АНТОНЮК², А. В. БУДЗИНСКАЯ²

¹Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

²Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси
Минск, Беларусь

Одним из существенных вопросов при решении задач исследования точности механических передач и приводов является вопрос о средствах измерений и математической обработке, полученных при этих измерениях результатов. Дифференцированный контроль точности механических передач оценивался контролем отдельных элементов зацепления. При этом использовалась универсальная координатно-измерительная машина (КИМ) Carl Zeiss DuraMax 5/5/5 с программным обеспечением Calypso. КИМ является более эффективным измерительным оборудованием, чем контурно-измерительная машина (профилометр), ручная измерительная машина, измерительная специальная оснастка. Программное обеспечение КИМ Calypso автоматически распознает геометрические элементы и одновременно генерирует пути и стратегии измерений.

Разработана методика контроля размеров и геометрического профиля многопериодных дорожек планетарных радиально-плунжерных передач. Методика содержит необходимую информацию для проведения измерений: контролируемые параметры с их допусками, измеряемые элементы, имена конфигураций, систему координат детали, плоскости безопасности вокруг детали. Согласно методике, план контроля отображается на экране при помощи трех списков символов, которые представляют контролируемые параметры, измеряемые элементы и другие составные части. Он создается одним из двух способов: измерением с помощью КИМ отдельных элементов детали и определением контролируемых параметров на этих элементах; первоначальным заданием параметров, которые необходимо проконтролировать, затем измерением всех соответствующих им измеряемых элементов.

При проведении экспериментальных исследований (контроля и оценки геометрических параметров) использовались детали с многопериодными дорожками и диски-сепараторы радиально-плунжерных передач с разным числом периодов (рис. 1).

С помощью разработанной методики «Оцифровка криволинейных поверхностей детали с выводом координат опорных точек кривой в ASCII-файл» выполнено сканирование криволинейных поверхностей детали с некоторым заданным линейным шагом точек кривой. Полученные

точки (в зависимости от протяженности кривой и дискретности шага) могут быть выведены в текстовый ASCII-файл либо на печать. Координаты точек, выведенные в ASCII-файл, могут быть использованы для построения реального профиля кривой в САD-программах с целью дальнейшего наложения на график идеального профиля и определения погрешностей изготовления как наибольшей разности между реальным и номинальным профилями.

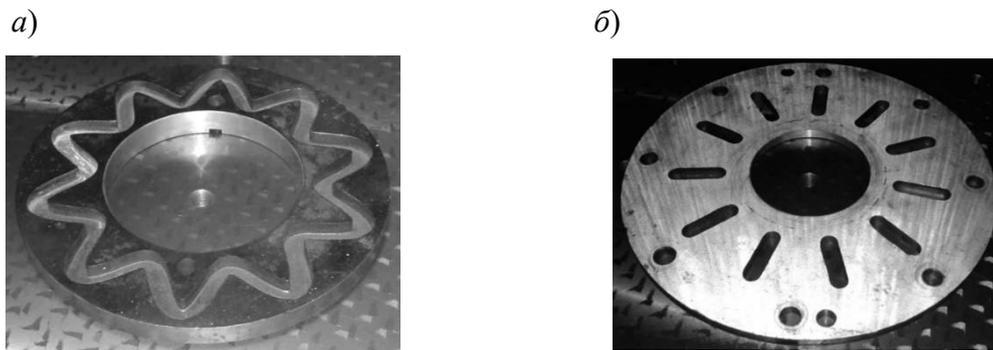


Рис. 1. Детали зацепления радиально-плунжерной передачи: *а* – диск с многопериодной дорожкой; *б* – диск-сепаратор

В САD-окне программы Calypso получена кривая многопериодной дорожки с координатами ее точек (рис. 2).

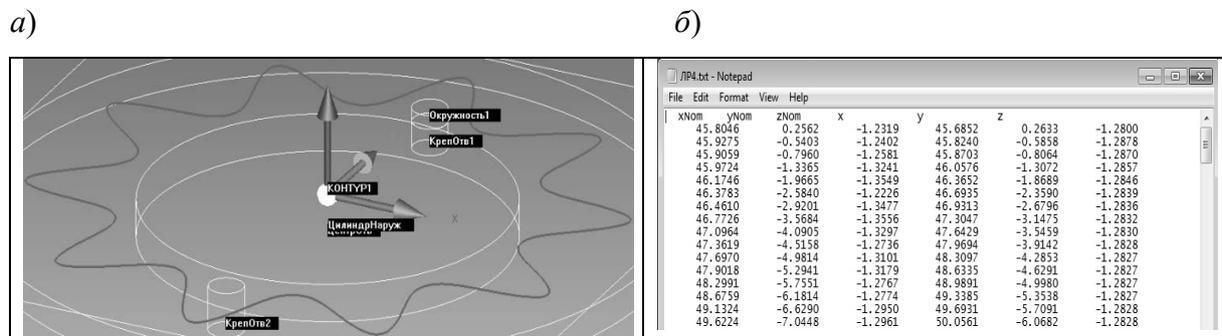


Рис. 2. Результаты сканирования на КИМ профиля многопериодной дорожки: *а* – кривая многопериодной дорожки после измерения на КИМ; *б* – фрагмент файла вывода точек кривой

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ 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 621.9.047.7
 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОГО
 ПОЛИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ УПРАВЛЯЕМЫХ
 ИМПУЛЬСНЫХ РЕЖИМОВ

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

Для снижения энергоемкости и повышения эффективности процесса электролитно-плазменного полирования металлических материалов при сохранении высокой интенсивности, качества обработки и экологической безопасности разработан принципиально новый импульсный метод, совмещающий преимущества как электрохимической, так и электролитно-плазменной обработки. Метод реализуется за счет совмещения в пределах одного импульса миллисекундной длительности амплитудой более 200 В двух чередующихся стадий: электрохимической и электролитно-плазменной [1].

В работе исследовалось изменение удельного съёма в процессе обработки поверхности и плотности тока. Для обработки образцов использовались электролиты двух составов: раствор сульфата аммония в дистиллированной воде с концентрацией от 2 до 40 %; раствор сульфата аммония в дистиллированной воде с концентрацией от 2 до 40 % с добавлением 1 % лимонной кислоты.

Импульсный процесс в электролите при достаточно высоком напряжении (рис. 1) имеет две различные стадии: электрохимическую (импульс постоянного тока) и электролитно-плазменную (высокочастотный переменный ток намного меньшей амплитуды).

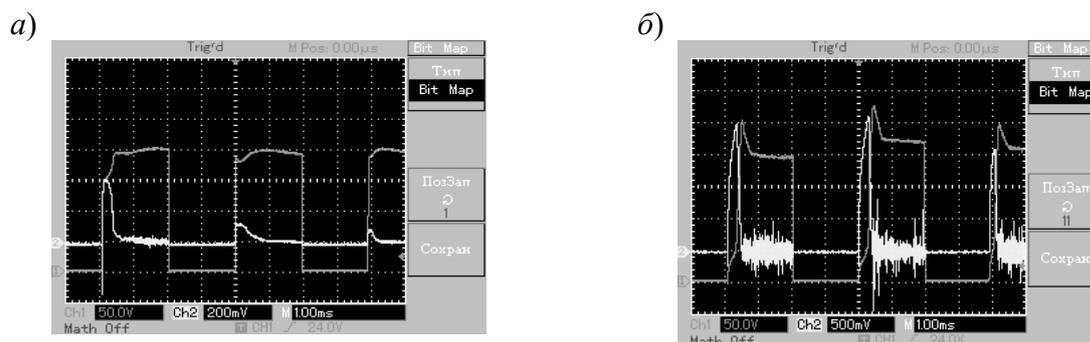


Рис. 1. Осциллограммы импульсов тока и напряжения при обработке стали AISI 316 в водном растворе сульфата аммония: *а* – концентрация 2 %; *б* – концентрация 40 %

С повышением концентрации электролита съём увеличивается. Этим обработка с применением управляемых импульсных режимов существенно отличается от традиционной электролитно-плазменной обработки, при ко-

торой съём практически не зависит от концентрации электролита. Съём при электролитно-плазменном полировании в импульсном режиме в три раза больше даже при малой концентрации электролита (4 %), когда ещё нет режима полирования (рис. 2). В режиме полирования при концентрации 40 % съём больше в шесть раз по сравнению с режимом традиционной электролитно-плазменной обработки.

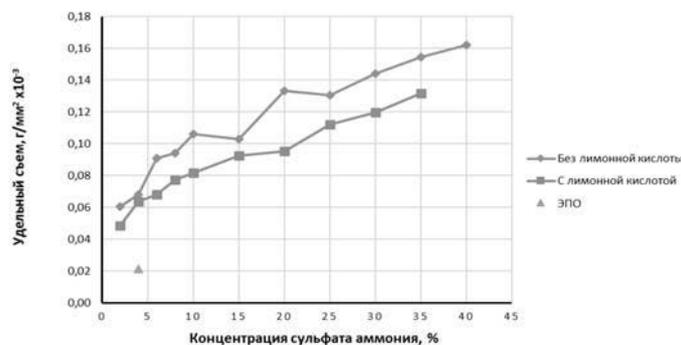


Рис. 2. Зависимости удельного съёма с поверхности образца из стали AISI 316 при полировании с применением управляемых импульсных режимов электролитно-плазменной обработки

Установлено, что повышение концентрации сульфата аммония с 2 до 40 % приводит к изменению значения плотности тока обработки: для электрохимической стадии от 4...12 А/см² при 2 % до 45...64 А/см² при 40 %; для электролитно-плазменной стадии от 1...3 А/см² при 2 % до 13...15 А/см² при 40 %.

Примеры изделий из коррозионно-стойкой стали после полирования с применением управляемых импульсных режимов электролитно-плазменной обработки представлены на рис. 3.



Рис. 3. Образцы изделий из коррозионно-стойкой стали после полирования с применением управляемых импульсных режимов электролитно-плазменной обработки

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Королёв, А. Ю.** Технология полирования с применением комплексного электрохимического и электролитно-плазменного воздействия в управляемых импульсных режимах / А. Ю. Королёв, В. С. Нисс, А. Э. Паршутто // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 25–26 апр. 2019 г. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2019. – С. 51–52.

УДК 621.74:669.714
 К ИЗГОТОВЛЕНИЮ ОТЛИВКИ ПРИ ЛИТЬЕ НАПРАВЛЕННЫМ
 ЗАТВЕРДЕВАНИЕМ ОТ ВОДООХЛАЖДАЕМОГО СТЕРЖНЯ

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

В [1, 2] разработан полуэмпирический метод численно-аналитического расчета времени кристаллизации t_f (основного параметра затвердевания) отливок по показаниям термопар, установленных в них. При этом используется соответствующая опытная установка [2] для литья полых заготовок из силумина АК12 методом литья направленным затвердеванием от водоохлаждаемого стержня [3]. В основу метода положены полуэмпирические аппроксимации температурного поля в отливке.

В данной работе, являющейся продолжением [1, 2], указанный метод развит для получения более точных результатов расчета t_f . Для определения времени затвердевания выведено уравнение

$$c_4 t^4 + c_3 t^3 + c_2 t^2 + c_1 t + c_0 - T_k = 0, \quad (1)$$

коэффициенты которого выражены через эмпирические величины, полученные на установке [2] (где T_k – температура кристаллизации силумина, $T_k \approx 580$ °С).

Расчеты из уравнения (1) дали значение величины $t_f \approx 17$ с, которое ближе, чем в [2], к результату $t_f = 18$ с, полученному экспериментально.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Баранов, К. Н.** Методика расчета температурного поля в отливке, полученной методом направленного затвердевания / К. Н. Баранов, В. Н. Лаптинский, А. А. Романенко // *Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Международ. науч.-техн. конф.* – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2014. – С. 16–17.
2. Метод расчета параметров затвердевания отливки при литье направленным затвердеванием от водоохлаждаемого стержня / В. Н. Лаптинский, А. А. Романенко, В. Ю. Стеценко, К. Н. Баранов // *Вестн. Белорус.-Рос. ун-та.* – 2019. – № 3(64). – С. 48–58.
3. **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 621.9

ИССЛЕДОВАНИЕ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ ОБРАЗЦОВ
ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ Р6М5,
ОБРАБОТАННЫХ ТЛЕЮЩИМ РАЗРЯДОМ

А. Э. ЛИПСКИЙ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Исследования образцов из быстрорежущей стали на ударную вязкость проводили по ГОСТ 9454–78 *Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатных и повышенных температурах* на маятниковом копре марки ИО 5003-0.3-11. Метод основан на разрушении образца с концентратором посередине одним ударом маятникового копра. Концы образца располагают на опорах. В результате испытания определяют полную работу, затраченную при ударе (работа удара), K или ударную вязкость.

Для проведения исследований образцы из быстрорежущей стали Р65 размерами $55 \times 10 \times 10$ мм изготавливались с концентратором вида U глубиной 2 мм, проводилась термическая обработка: отжиг, закалка с 1220 °С и трехкратный отпуск при 560 °С. Образцы были разделены на две партии: одна из них составила контрольную группу, другая прошла обработку тлеющим разрядом при следующих режимах вакуумного упрочнения: напряжения горения U от 1,5 до 3,5 кВ, плотность тока $J = 0,25$ А/м², время процесса обработки $T = 45$ мин.

Исследовалась ударная вязкость KCU , определенная на образце с концентратором вида U при комнатной температуре. Максимальная энергия удара маятника – 300 Дж, глубина концентратора – 2 мм, ширина образца – 10 мм.

Ударную вязкость KC , Дж/см², вычисляют по формуле

$$KC = K / S_0,$$

где K – работа удара, Дж; S_0 – начальная площадь поперечного сечения образца в месте концентратора, см².

Обработка тлеющим разрядом образцов из стали Р6М5 приводит к повышению ударной вязкости. Ударная вязкость необработанных образцов достигает 0,300 Дж/см². Положительное влияние напряжения горения U наблюдается для $U = 2,5$ кВ. Доказательством тому служат результаты механических испытаний образцов из быстрорежущей стали Р6М5 на копре: наилучшие показали ударной вязкости (0,328 Дж/см²) достигаются при $U = 2,5$ кВ. В то же время повышение напряжения горения U до 3,5 кВ вызывает падение ударной вязкости до 0,302 Дж/см².

УДК 621.91.01
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЦЕССА И ОСНАЩЕНИЯ НА СУММАРНУЮ ПОГРЕШНОСТЬ
РАСПОЛОЖЕНИЯ ОСИ ОТВЕРСТИЯ

М. Н. МИРОНОВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Известно, что смещение оси отверстия от номинального положения возникает в условиях сложного взаимодействия комплекса конструктивно-технологических факторов и зависит, в первую очередь, от характеристик приспособления, станка, инструмента и режимов резания.

Факторы, влияющие на величину пространственного смещения оси отверстия, можно классифицировать на две основные группы по причинам их возникновения – конструктивно-технологические параметры, определяемые при проектировании и изготовлении технологического оборудования, а также технологические факторы, действие которых проявляется в процессе производства изделий.

С использованием интеллектуальной системы Semantic [1], базирующейся на технологиях искусственного интеллекта, в частности технологиях функциональных семантических сетей [2], были исследованы степени влияния параметров технологического процесса и оснащения на суммарную погрешность расположения оси отверстия, возникающую при сверлении.

Для этого была проведена проверка корректности функционирования разработанной системы с целью сопоставления фактических погрешностей расположения оси отверстия с погрешностями, прогнозируемыми системой.

Представленные в [3] результаты подтвердили состоятельность базы знаний интеллектуальной системы и корректность ее функционирования, а также возможность использования ее для анализа степени влияния параметров технологического процесса и оснащения на суммарную погрешность расположения оси отверстия.

Влияние параметров рассматривалось применительно к условиям обработки отверстий втулок на вертикально-сверлильном станке жестко закрепленными сверлами диаметром 20 и 30 мм, направляемыми втулками стационарной кондукторной плиты.

Установлено, что наименьшие погрешности расположения осей отверстий диаметром 20...30 мм, полученных сверлением, обеспечивают: допуск размера отверстия сменной втулки до 0,025 мм; допуск размера направляющей части инструмента не более 0,015 мм; диаметральный зазор между сменной втулкой и инструментом до 0,01 мм; зазор между сменной и посто-

янной втулками не более 0,05 мм; отклонение от соосности наружной и внутренней поверхностей сменной втулки до 0,02 мм; износ сменной втулки не более 0,01 мм; зазор между шпонкой и Т-образным пазом станка до 0,05 мм; износ установочных элементов приспособления не более 0,06 мм.

Установлено, что скорость резания, коэффициент теплопроводности инструментального материала, количество установов и деталей в настроечной партии, обрабатываемой в период между подналадками станка, незначительно влияют на смещение оси обрабатываемого отверстия. Данные параметры следует считать управляемыми только при повышенных требованиях к точности расположения обрабатываемых отверстий.

Исследование влияния конструктивно-технологических параметров на точность обработки отверстий диаметром 10 мм описано в [4].

Результаты проведенных исследований позволили выявить основные закономерности влияния конструктивно-технологических факторов системы на точность обработки отверстий на основе многочисленных компьютерных экспериментов со случайными комбинациями параметров на базе использования интеллектуальной системы Semantic. Применение этих данных дало возможность разработать рекомендации по последовательности изменения и численным значениям параметров технологического процесса и оснащения, обеспечивающие наибольшее снижение погрешности обработки отверстия, что, в свою очередь, позволяет строить эффективные алгоритмы управления точностью механической обработки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.

2. **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.

3. **Миронова, М. Н.** Экспериментальная апробация интеллектуальной системы для управления точностью механической обработки / М. Н. Миронова // Наука и техника. – 2017. – № 3. – С. 242–248.

4. **Пашкевич, В. М.** Влияние конструктивно-технологических факторов на точность расположения осей обрабатываемых отверстий / В. М. Пашкевич, М. Н. Миронова // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2015. – № 4. – С. 42–55.

УДК 621.91.01

ОБОБЩЕННЫЙ КРИТЕРИЙ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ СВЕРЛЕНИЯ ОТВЕРСТИЙ

М. Н. МИРОНОВА, А. И. ЕФРЕМЕНКО

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Основным направлением совершенствования методов автоматизированного проектирования является оптимизационный подход разработки технологического процесса, обеспечивающий выполнение в конкретных производственных условиях требований чертежа детали и дающий наилучшее значение выходных показателей.

В связи с этим выбор конструкторско-технологических параметров процесса сверления отверстий предлагается осуществлять с применением функциональных семантических сетей [1], позволяющих выполнять многофакторную оптимизацию.

Известно, что различные варианты технологических процессов характеризуются различными показателями эффективности, называемыми критериями.

Для обеспечения конкурентоспособности новых изделий при подготовке производства и их изготовлении требуется отслеживать соотношение двух групп критериев:

1) качество получаемого изделия, где важным параметром считается суммарная погрешность обработки Δ_{Σ} ;

2) цены изделия, где значимым параметром является себестоимость изделия C .

Таким образом, оптимизацию технологических процессов можно рассматривать как многокритериальную задачу оптимизации конструкторско-технологических параметров. То есть при проектировании техпроцесса обработки отверстий эффективность каждого варианта необходимо оценивать не по одному, а сразу по двум показателям Δ_{Σ} и C .

Тогда задача оптимизации режимов резания на основе использования функциональной семантической сети может быть сведена к задаче

$$\begin{cases} \Delta_{\Sigma}(\pi_1, \dots, \pi_i, \dots, \pi_n) \rightarrow \min; \\ C \rightarrow \min; \\ \pi_i \in \{R_i\}, \end{cases}$$

где $\Delta_{\Sigma}(\pi_1, \dots, \pi_i, \dots, \pi_n)$ – суммарная погрешность обработки, учитывающая n параметров технологического процесса и оснащения, мм; C – себе-

стоимость выполнения технологического перехода, p ; π_i – i -й параметр технологического процесса и оснащения; $\{R_i\}$ – область ограниченный i -го параметра.

Однако в общем случае не существует решения задачи оптимального проектирования технологического процесса, которое обращало бы в минимум два критерия одновременно.

Ввиду того, что оценка вариантов сразу по нескольким критериям затруднительна, можно объединить два критерия в один обобщенный в виде взвешенной суммы отдельных критериев [2]:

$$K = a_1 \Delta_{\Sigma} + a_2 C,$$

где a_i – весовые коэффициенты важности критериев, $0 \leq a_i \leq 1$.

При этом

$$\sum_{i=1}^k a_i = 1.$$

Следовательно, использование комплексного критерия позволяет задачу нахождения оптимальных режимов резания с двумя критериями свести к задаче с одним критерием.

$$K = \sum_{i=1}^k a_i K_i \rightarrow \min.$$

При этом назначение оптимальных режимов резания с использованием комплексной целевой функции позволит вести обработку с наибольшей экономичностью при заданных требованиях к точности обрабатываемых поверхностей деталей машин.

Таким образом, сложная задача многокритериальной оптимизации технологических процессов по описанным выше параметрам сводится к простой задаче, результат которой может быть получен интеллектуальной системой, использующей функциональные семантические сети, для улучшения показателей проектируемой или действующей технологии производства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пашкевич, В. М. Функциональные семантические сети для обеспечения точности механической обработки / В. М. Пашкевич, М. Н. Мирнова. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2015. – 200 с.
2. Вентцель, Е. С. Исследование операций / Е. С. Вентцель. – Москва: Наука, 1980. – 122 с.

УДК 621.923
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ РЕЖИМОВ
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛИРОВАНИЯ НА КАЧЕСТВО
ПОВЕРХНОСТИ ЛЕГКООКИСЛЯЕМЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

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

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 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 [1].

В работе приводятся результаты исследований влияния характеристик импульсов на качество поверхности в процессе импульсного электрохимического полирования легкоокисляемых металлов и сплавов на их основе.

Исследование влияния амплитуды, частоты и длительности импульсов, оказывающих основное влияние на скорость анодного растворения и пассивации поверхности в процессе импульсного электрохимического полирования, проводилось при частичном погружении в электролит плоских образцов из титана ВТ1-0 с размерами $40 \times 10 \times 1$ мм, из магниевого сплава МЛ10 с размерами $50 \times 10 \times 3$ мм и цилиндрических образцов из циркониевого сплава Э110 с размерами $\varnothing 10 \times 10$. Площадь погружаемой части образцов составляла 4 см^2 .

На рис. 1 представлены зависимости изменения шероховатости и коэффициента отражения поверхности образцов от амплитуды анодного импульса для трёх исследуемых материалов. Для титана ВТ1-0 существенное повышение качества поверхности достигается при плотности тока 1 А/см^2 . Для магниевого сплава МЛ10 повышение плотности тока от $0,25$ до $0,75 \text{ А/см}^2$ приводит к уменьшению изменения шероховатости поверхности более чем в два раза, однако при плотности тока $0,5 \text{ А/см}^2$ отмечается заметное повышение коэффициента отражения поверхности. Для циркониевого сплава Э110 при повышении плотности тока с $0,25$ до $0,75 \text{ А/см}^2$ заметна положительная тенденция к повышению коэффициента отражения поверхно-

сти. При этом максимальное снижение шероховатости обеспечивается при значениях плотности тока от 0,5 до 0,75 А/см².

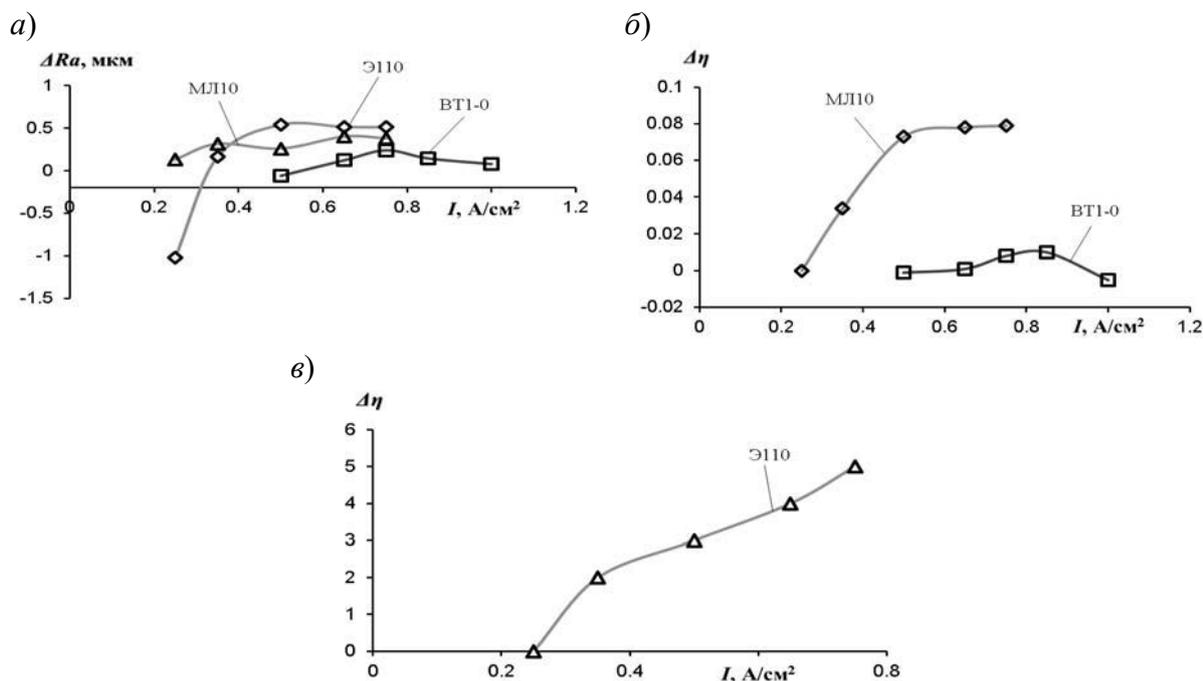


Рис. 1. Зависимости изменения шероховатости и коэффициента отражения от амплитуды анодного импульса (плотности тока): *а* – изменение шероховатости Ra для ВТ1-0 и МЛ10; *б* – изменение коэффициента отражения для ВТ1-0 и МЛ10; *в* – изменение коэффициента отражения для Э110

Увеличение частоты следования импульсов для титана ВТ1-0 приводит к повышению как изменения шероховатости, так и коэффициента отражения поверхности. Для магниевого сплава МЛ10 существенное повышение изменения шероховатости поверхности отмечается только при увеличении частоты следования импульсов в диапазоне от 0,05 до 0,5 кГц. При этом также улучшается коэффициент отражения поверхности. Для сплава Э110 также отмечается повышение качества поверхности при увеличении частоты следования импульсов до 0,5 кГц, однако при дальнейшем увеличении частоты изменение шероховатости поверхности уменьшается почти на 50 %, а коэффициент отражения поверхности – более чем на 70 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паршутто, А. Э. Применение биполярных микросекундных импульсов для электрохимического полирования легкоокисляемых металлов и сплавов / А. Э. Паршутто, А. Ю. Королёв, А. С. Будницкий // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 25–26 апр. 2019 г. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2019 – С. 59–60.

УДК 621.91.01
 ВЫБОР РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ ПРИ ИНЕРЦИОННО-ИМПУЛЬСНОМ
 РАСКАТЫВАНИИ ОТВЕРСТИЙ

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

При инерционно-импульсной обработке пластичных материалов упрощенный способ определения режимов обработки может базироваться на том факте, что при отсутствии восстановления поверхности после удара деформирующими шарами параметры их следов имеют жесткую связь с режимами обработки. Для нижеприведенной процедуры могут использоваться следующие соотношения для предварительного расчета режимов раскатывания.

Глубина внедрения деформирующего шара h определяется величиной исходной шероховатости заготовки R_{ao} и в предположении о нормальном законе распределения микронеровностей профиля обрабатываемой поверхности может быть определена известной приближенной зависимостью

$$h \leq 4 \cdot R_{ao} . \quad (1)$$

Диаметр лунки d_c деформирующего шара в этом случае (при отсутствии восстановления материала) составит

$$d_c = 2\sqrt{d_u h - h^2} , \quad (2)$$

где d_u – диаметр деформирующего шара (рис. 1).

На рис. 1 представлена схема, на которой изображены деформирующий шар, исходный профиль микронеровностей и след (лунка) от деформирующего элемента инструмента при его перемещении в пределах одного оборота заготовки (оборотная подача).

Очевидно, что величина подачи инструмента на оборот (при схеме обработки с вращающейся заготовкой и неподвижным инструментом) без учета проскальзывания инструмента по обрабатываемой поверхности должна выбираться из условия перекрытия следов от деформирующих шаров на поверхности заготовки:

$$S_o \leq \frac{d_c}{2}, \quad (3)$$

где d_c – диаметр следа деформирующего шара (см. рис.1).

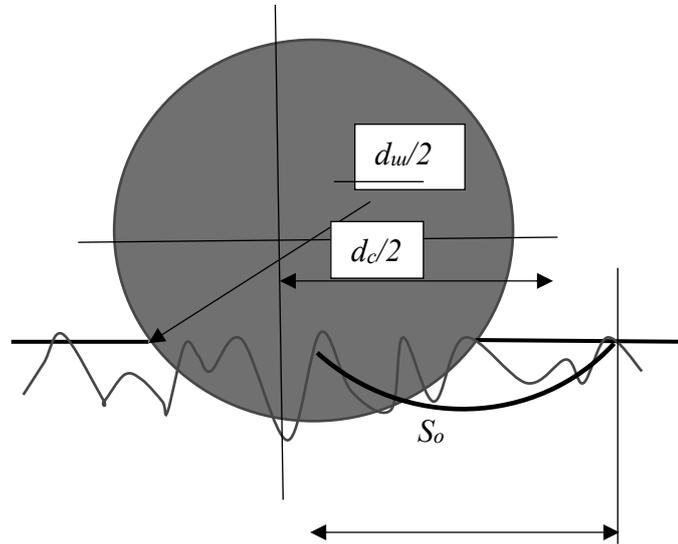


Рис. 1. К выбору режимов инерционно-импульсной обработки

Предложено для описания процесса обработки использовать систему поправочных коэффициентов, учитывающих энергетические потери на трение в инструменте, тангенциальное проскальзывание деформирующих шаров относительно обрабатываемой поверхности, а также коэффициентов, учитывающих свойства материала заготовки.

Частота вращения шпинделя выбирается по требуемой глубине внедрения деформирующего шара h (1). Так как эта глубина связана тесной зависимостью с величиной квадрата радиальной скорости деформирующего шара (пропорциональна кинетической энергии шара), то для определения частоты вращения заготовки n можно использовать эмпирическую зависимость

$$n = k_0 k_n \sqrt{h}, \quad (4)$$

где k_0 – эмпирический коэффициент, учитывающий потери на трение при перемещении деформирующего шара по направляющим сепаратора инструмента; k_n – поправочный коэффициент, учитывающий упругопластические свойства обрабатываемого материала.

УДК 621.95

ОСОБЕННОСТИ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ
КВАДРАТНОГО ОТВЕРСТИЯ СВЕРЛЕНИЕМ

С. Г. ПОЛТОРАЦКИЙ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Процесс сверление гранных отверстий имеет множество нюансов, отличающих его от обычного сверления. Одним из важнейших является режущий инструмент.

Первым отличием сверла для формирования гранных отверстий от сверла для формирования круглых отверстий является его несимметричность. Как известно, сверло для круглых отверстий в сечении имеет окружность, через центр которой проходит ось вращения инструмента. В сечении сверла для формирования гранных отверстий лежат фигуры постоянной ширины. Ось вращения инструмента проходит через центр геометрической фигуры, лежащей в основе фигуры постоянной ширины.

Вторым отличием является количество режущих кромок инструмента. При сверлении круглых отверстий в большинстве случаев инструмент имеет две режущие кромки. Количество режущих кромок инструмента при обработке гранных отверстий зависит от количества граней у обрабатываемого отверстия. Если необходимо получить n -гранное отверстие, то количество режущих кромок у сверла будет $n-1$. К примеру, если необходимо получить квадратное отверстие, для этого потребуется использовать сверло с тремя режущими кромками. На рис. 1 показано сечение сверла для формирования квадратного отверстия.

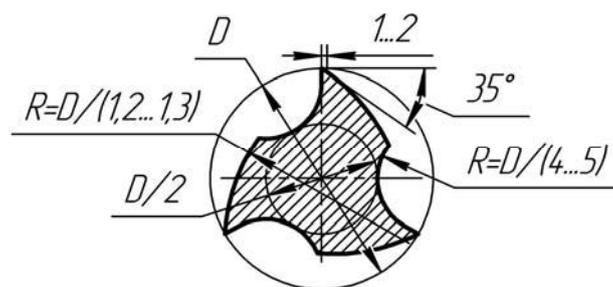


Рис. 1. Сечение сверла для формирования квадратного отверстия

Инструмент не ограничивается максимальным количеством режущих кромок. Минимальным их количеством может быть две, для получения треугольного отверстия, так как треугольник является фигурой с наименьшим количеством граней и углов. Двухгранных отверстий, как известно, не существует.

УДК 621.95

ОСОБЕННОСТИ КИНЕМАТИКИ ПРОЦЕССА СВЕРЛЕНИЯ
КВАДРАТНЫХ ОТВЕРСТИЙ

С. Г. ПОЛТОРАЦКИЙ, В. М. ШЕМЕНКОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Процесс сверления гранных отверстий имеет множество нюансов, отличающих его от обычного сверления. Одним из важнейших является кинематика процесса.

Как известно, при сверлении круглых отверстий инструмент вращается вокруг своей оси и перемещается вдоль оси на глубину обрабатываемого отверстия. При обработке же гранных отверстий инструмент совершает движение по определенной траектории, с одновременным вращением вокруг своей оси и перемещением вдоль оси на глубину обрабатываемого отверстия [1].

Траектория движения инструмента является кривой, состоящей из четырех дуг эллипса (рис. 1). Рассмотрим пример формирования квадратного отверстия с длиной каждой стороны, равной 2, для которого применяется инструмент, в основе которого лежит треугольник Рёло.

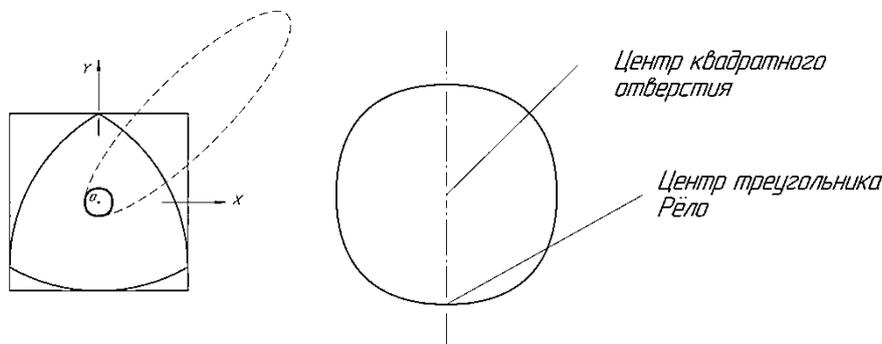


Рис. 1. Траектория движения инструмента для формирования квадратного отверстия, построенная по четырем эллипсам

Как видно из рисунка, центр квадратного отверстия совпадает с центром траектории движения инструмента, а центр треугольника Рёло – с нижней точкой траектории движения инструмента.

Эллипс в нижнем левом квадранте имеет параметрические уравнения [2]

$$x = 1 + \cos\beta + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{3} \cdot \sin\beta ; \quad (1)$$

$$y = 1 + \sin\beta + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\beta , \quad (2)$$

где β – угол между радиус-вектором произвольной точки эллипса и осью Ox , $0 \leq \beta \leq 2\pi$.

В [3] приведено уравнение траектории движения инструмента, в основе которого лежит треугольник Рёло, для формирования квадратного отверстия (рис. 2). Данная траектория не отличается от траектории, построенной по эллипсам.

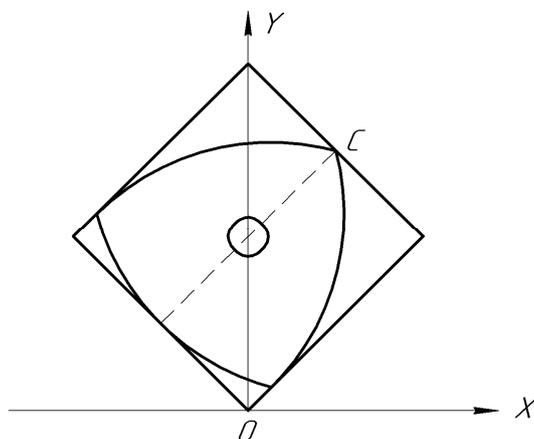


Рис. 2. Траектория движения инструмента для формирования квадратного отверстия, построенная по уравнению

При длине стороны квадрата, равной 1, уравнения $1/4$ траектории будут

$$x = \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{3+\sqrt{3}}{6} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{6} - \beta\right); \quad (3)$$

$$y = \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{3-\sqrt{3}}{6} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{6} - \beta\right), \quad (4)$$

где β – угол между осью Ox и биссектрисой треугольника Рёло, проходящей через точку C , $\frac{\pi}{12} \leq \beta \leq \frac{\pi}{4}$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Особенности формирования гранных отверстий сверлением / А. П. Сериков, С. Г. Полторацкий, О. Е. Печковская, М. А. Белая // 55-я студен. науч.-техн. конф.: тез. докл., Могилев, 3–4 мая 2019 г. – Могилев, 2019. – С. 61.

2. **Smith, S.** Drilling Square Holes / S. Smith // Mathematics Teacher. – Reston: National Council of Teachers of Mathematics. – 1993. – Vol. 86, № 7. – P. 579–583.

3. **Куренков, Е. Д.** Динамика точек треугольника Рёло / Е. Д. Куренков, О. В. Починка.

УДК 621.9

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИНСТРУМЕНТОВ
ДЛЯ СОВМЕЩЕННОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ
И МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКИМ РАСКАТЫВАНИЕМ

Д. М. СВИРЕПА, А. С. КРУЧИНИНА
Белорусско-Российский университет
Могилёв, Беларусь

При проектировании инструментов для совмещенной обработки резанием и магнитно-динамическим накатыванием (МДН), используемых при обработке внутренних цилиндрических поверхностей, важной особенностью является отвод стружки из зоны резания и исключение возможности ее попадания в зону деформирования.

Известны способы, позволяющие улучшить отвод стружки от режущих кромок инструмента. Для этого необходимо выбирать рациональные схемы резания, создавать условия для дробления отходящей стружки, осуществлять вымывание стружки путем подачи охлаждающей жидкости под давлением. Однако не все способы обеспечивают хороший отвод стружки и удаление ее из зоны обработки, что не в полной мере решает существующую проблему.

Существующую проблему предлагается решить следующими способами: применением накладного стружколома простой конструкции на передней поверхности резца, препятствующего завиванию стружки, способствующего измельчению на более мелкие элементы, а также ориентирующего сход стружки в направлении подачи инструмента; использованием опережающей магнитной системы, состоящей из корпуса с размещенными в нем постоянными цилиндрическими магнитами, расположенной между зоной резания и зоной деформирования. Опережающий источник магнитного поля выполняет следующие функции:

- улавливание, под действием магнитных сил, остатков стружки, образующихся в процессе растачивания [1];
- осуществляется магнитное воздействие на обрабатываемую поверхность вращающимся постоянным магнитным полем [2].

Использование в совмещенных конструкциях инструментов дополнительного источника магнитного поля позволяет решить ряд задач, влияющих на качество обрабатываемой поверхности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свирепа, Д. М. Влияние способов совмещенной обработки резанием и магнитно-динамическим накатыванием на шероховатость поверхности / Д. М. Свирепа, А. С. Семенова // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2019. – № 2. – С. 34–43.
2. Довгалев, А. М. Разработка магнитных систем комбинированных инструментов для совмещенного магнитно-динамического накатывания / А. М. Довгалев // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2018. – № 1. – С. 15–26.

УДК 621.9
 МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЕФОРМИРУЮЩЕГО
 ЭЛЕМЕНТА С ДЕТАЛЬЮ В ПРОЦЕССЕ
 МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКОГО РАСКАТЫВАНИЯ

Д. М. СВИРЕПА, Ю. С. РОМАНОВИЧ, А. С. КРУЧИНИНА
 Белорусско-Российский университет
 Могилёв, Беларусь

В процессе отделочно-упрочняющей обработки внутренней цилиндрической поверхности магнитно-динамическими инструментами в поверхностном слое обрабатываемой детали формируются остаточные напряжения сжатия [1].

С целью исследования степени влияния параметров процесса магнитно-динамического упрочнения на величину остаточных напряжений было выполнено моделирование процесса в среде ANSYS методом конечных элементов (рис. 1).

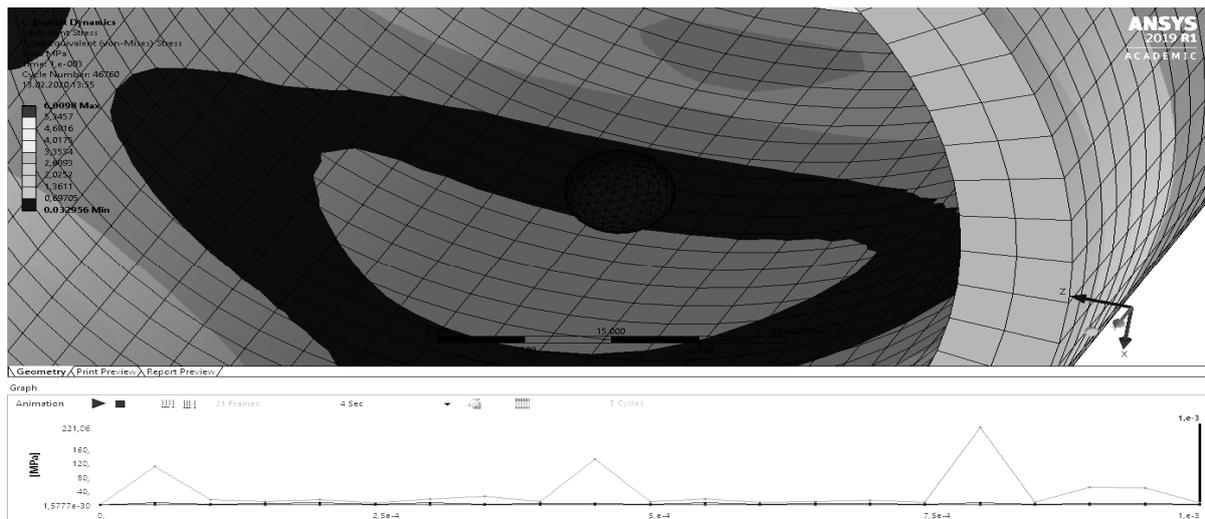


Рис. 1. Моделирование взаимодействия деформирующего элемента с деталью в процессе магнитно-динамического раскатывания

Величина остаточных напряжений сжатия, рассчитанная в ходе моделирования, сопоставима с результатами, полученными в ходе рентгеноструктурных исследований, что подтверждает адекватность модели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Свирепа, Д. М.** Рентгеноструктурные исследования деталей, прошедших магнитно-динамическое упрочнение / Д. М. Свирепа, Д. М. Рыжанков // *Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 22–23 апр. 2010 г.: в 3 ч.* – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2010. – С. 243–244.

УДК 621.785
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
ТВЕРДОСТИ АЗОТИРОВАННОГО СЛОЯ ПО ГЛУБИНЕ
В ШТАМПОВОЙ СТАЛИ 3Х2В8Ф

Л. Л. СОТНИК¹, С. А. САХАНЬКО¹, А. Н. ХУСТЕНКО²

¹Барановичский государственный университет
Барановичи, Беларусь

²Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Последние десятилетия в мировой промышленной практике отмечается возрастание интереса к процессам азотирования [1], причем в большей степени это касается процесса ионного азотирования.

Детали, испытывающие максимальные напряжения на поверхности (изгиб, удар, контактные напряжения), для повышения сопротивления усталости подвергают поверхностному упрочнению.

Эффективность азотирования существенно зависит от предварительной подготовки поверхности детали. Одним из наиболее влияющих факторов на эффективность азотирования является шероховатость поверхности детали [2, 3]. Поэтому немаловажно при подготовке деталей к азотированию стремиться уменьшить параметр шероховатости.

Для уменьшения параметра шероховатости поверхности могут быть использованы различные методы: шлифовка и полировка, дробеструйная и пескоструйная обработка, холодная прокатка и поверхностное пластическое деформирование [2].

В данной статье представлены результаты исследований влияния шероховатости поверхности деталей – матриц на глубину азотированного слоя. Матрицы изготовлены из стали 3Х2В8Ф, для сравнения были выбраны образцы с различным значением шероховатости поверхности (рис. 1).



Рис. 1. Матрицы: слева – проточенные; справа – шлифованные

Первую категорию составили образцы, у которых обработка исследуемых поверхностей производилась на токарном станке, вторую категорию – образцы с грубой полировкой. Параметры шероховатости образцов, обработанных на токарном станке, – $R_a = 1,6$ мкм; грубой полировкой – $R_a = 0,4$ мкм.

На рис. 2 представлены исследования параметра твердости в зависимости от глубины азотированного слоя в образцах с различной шероховатостью поверхности.



Рис. 2. Твердость и глубина азотируемого слоя стали 3Х2В8Ф в зависимости от вида обработки

Анализ графических зависимостей (см. рис. 2) показывает преимущество деталей, обработанных грубым полированием, над обработанными точением в отношении твердости азотированного слоя на глубине от 0 до 475 мкм с последующим незначительным снижением этого параметра и уравниванием значений на границе, где азотированный слой заканчивается. К производимым в промышленности изделиям, изготавливаемым из данной стали, как правило, предъявляются требования к глубине поверхностного упрочненного слоя 0,3...0,5 мм. В связи с чем можно сделать вывод, что использование образцов с полированной поверхностью целесообразно для стали марки 3Х2В8Ф.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азотирование и карбонитрирование: пер. с нем. / Р. Четтерджи-Фишер [и др.]; под ред. А. В. Супова. – Москва: Металлургия, 1990. – 280 с.
2. Берлин, Е. В. Плазменная химико-термическая обработка поверхности стальных деталей / Е. В. Берлин, Н. Н. Коваль, Л. А. Сайдман. – Москва: Техносфера, 2012. – 464 с.
3. Effect of surface roughness on the properties of the layer formed on AISI-304 stainless steel after plasma nitriding / Gajendra Prasad Singh, J. Alphonssa, P. K. Barhai, P. A. Rayjada, P. M. Raole, S. Mukherjee // Surface and Coatings Technology 200. – 2006. – P. 5807–5811.

УДК 624.148.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА
ПЕНОСТЕКЛА ИЗ КРЕМНЕЗЕМИСТЫХ ПОРОД

Г. И. СТОРОЖЕНКО¹, Л. К. КАЗАНЦЕВА², П. В. САЧЕК³

¹Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет

²Институт геологии и минералогии имени В. С. Соболева
Сибирского отделения РАН

Новосибирск, Россия

³Инженерный центр

Минск, Беларусь

Разработка и производство долговечных, экологически чистых и эффективных теплоизоляционных материалов всегда являлась актуальной задачей. Как показывает практика, минеральные изделия на синтетических связующих и другие искусственные органические материалы со временем теряют свои теплозащитные свойства [1]. Поэтому наука и производство обращаются к таким материалам, как пеностекло, пеносиликаты и пеностеклокристаллические материалы на основе минерального сырья [2].

В России существуют не только теоретические, но и частично реализованные в производстве разработки по получению пеноматериалов типа пеностекла с использованием кремнеземистых пород без их предварительной переплавки в стекло [2]. Легкий ($\rho_{\text{нас.}} = 140 \dots 650 \text{ кг/м}^3$), прочный ($R_{\text{сж.}} = 0,5 \dots 5 \text{ МПа}$), долговечный и негорючий материал с низкой теплопроводностью ($0,045 \dots 0,1 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$) может выпускаться как в виде гранул, так в виде блоков и плит [3].

В пос. Потанино Челябинской области была введена в эксплуатацию автоматизированная линия по производству гранулированного звуко- и теплоизоляционного пеностеклокристаллического материала (ГПС) из трепелов Потанинского месторождения. Основной составляющей кремнеземистых пород является хемогенный опал, кристаллические фазы представлены кварцем и кристобалитом, присутствуют плагиоклаз и глинистые минералы. Породы являются пористыми конгломератами (пористость до 85 %), что при их взаимодействии с гидроксидом натрия способствует образованию гидратированных полисиликатов натрия не только на поверхности частиц, но и в их объеме. Химический состав трепела дан в табл. 1.

Табл. 1. Химический состав трепелов Потанинского месторождения

Содержание оксидов, % на сухое вещество							nnn, %
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	R ₂ O	P ₂ O ₅	
76,16	7,52	4,10	0,75	1,05	–	1,23	7,5

В качестве плавня использовался 45-процентный раствор гидроксид натрия. Для придания необходимых физико-механических свойств конечному продукту в шихту вводились различные функциональные добавки.

Сырье предварительно дробится в глинорыхлителе и дезинтеграторе до максимального размера частиц 15...20 мм. Сухое обогащение трепела осуществляется в измельчительно-сушильной установке УСП-С-04.55М производительностью 2 т/ч, где сырье одновременно подвергается сушке с 38...40 до 4...8 %, помолу и классификации для получения порошка класса –60 + 0 мкм. Тонкодисперсный обогащенный порошок гранулируется на промышленном турболопастном смесителе-грануляторе ТЛ-100 периодического действия производства «Дзержинсктехномаш». Были отработаны технологические параметры (состав шихты, количество вводимых добавок, концентрация раствора щелочи, его температура, время грануляции, влажность, фракционный состав гранулята и т. д.), обеспечивающие протекание процессов силикатообразования и гранулирования для получения продукции требуемого качества. Сушка сырцовых гранул до остаточной влажности 0,5 % осуществляется в промышленной барабанной сушилке, вспучивание – в электрической проходной лотковой печи производительностью 1 т/ч. Характеристики пеностекла приведены в табл. 2.

Табл. 2. Физико-механические характеристики гранулированного пеностекла

Наименование показателей	Размер фракций, мм				
	0,1...0,6	0,6...1,25	1,25...2,5	2,5...5,0	5...10
Насыпная плотность, кг/м ³	380	240	190	170	150
Прочность при сдавливании в цилиндре, МПа не менее	1,2	1	0,8	0,6	0,5
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	≤ 0,07	≤ 0,067	≤ 0,063	≤ 0,05	≤ 0,045
<p><i>Примечание</i> – Для всех гранул водопоглощение составило 4...7 масс. % по DIN 4226-3–2002; содержание водорастворимых сернистых и сернокислых соединений не более 1,5 масс. %; морозостойкость (потеря массы после 25 циклов замораживания) – 4...5 масс. %</p>					

Макропористая структура ГПС характеризуется однородностью и удовлетворительной остеклованностью стенок пор, в которых формируются более мелкие поры. Это свидетельствует о равномерном образовании гидратированных полимерных силикатов натрия по всему объему гранулированного материала.

Поскольку технологический процесс получения пеностекла из трепелов является сложным физико-химическим процессом, то для управления работой линии была применена автоматизированная система управления распределенного типа, позволяющая управлять работой оборудования, с необходимой точностью задавать и поддерживать технологические параметры линии, осуществлять визуализацию технологического процесса, сбор, хранение и обработку необходимых данных.

Разработанная технология и ее аппаратное оформление позволяет вблизи месторождений кремнистых пород развивать производство эффективных звуко- и теплоизоляционных материалов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Иванов, К. С.** Изоляционный материал для термостабилизации грунтов / К. С. Иванов // Криосфера Земли. – 2011. – Т. XV, № 4. С. 120–122.
2. **Кетов, А. А.** Получение строительных материалов из гидратированных полисиликатов / А. А. Кетов // Строительные материалы. – 2012. – № 11. – С. 22–24.
3. **Горайнов, К. Э.** Технология теплоизоляционных материалов и изделий / К. Э. Горайнов, С. К. Горайнова. – Москва: Стройиздат, 1982. – 296 с.

УДК 621.787
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКОГО
НАКАТЫВАНИЯ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

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

В машиностроении существует широкая номенклатура деталей машин, имеющих плоскую рабочую поверхность (скребки, ножи гильотин, направляющие технологических систем и др.). Повышение качественных и эксплуатационных характеристик таких поверхностей – актуальная технологическая задача. Одним из ее решений является обработка плоских поверхностей деталей машин поверхностным пластическим деформированием. Анализ показывает, что применяемые в промышленности методы упрочняющей обработки плоских поверхностей повышают их эксплуатационные характеристики более чем в 2 раза.

Одним из эффективных методов обработки плоских поверхностей является магнитно-динамическое накатывание инструментом, состоящим из корпуса, магнитной системы, приводных и деформирующих шаров. В кольцевой полости, расположенной между корпусом и магнитной системой, установлены приводные шары, а между корпусом и вкладышем – деформирующие. При этом взаимодействие деформирующих шаров с обрабатываемой поверхностью обеспечивается за счет энергии постоянного (переменного) магнитного поля от постоянных магнитов (электромагнитов), установленных в отверстиях магнитной системы инструмента (патент РБ № 14651).

Определение величины магнитной индукции в зоне расположения приводных и деформирующих шаров аналитическим методом является сложной задачей. В связи с этим величину магнитной индукции определяли экспериментально универсальным миллитесламетром модели МГУ-1.

В работе установлены зависимости величины индукции магнитного поля в зоне расположения приводных и деформирующих шаров при использовании магнитопроводов в виде диска без зубьев и с наличием зубьев на его внешней поверхности.

Установлено, что при использовании зубчатых магнитопроводов обеспечивается фокусирование магнитного поля, что уменьшает величину «проскальзывания» приводных шаров и увеличивает частоту воздействия деформирующих шаров на упрочненную поверхность. Таким образом, применение в инструментах зубчатых магнитопроводов повышает производительность процесса магнитно-динамического накатывания плоских поверхностей деталей машин.

УДК 621.787

ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ
ШЛИФОВАНИЕМ И МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКИМ
НАКАТЫВАНИЕМ

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

Совмещение в один технологический переход двух и более операций технологического процесса позволяет сократить основное и вспомогательное время на обработку деталей и существенно снизить ее себестоимость.

Известны конструкции инструментов для комбинированного магнитно-динамического накатывания, однако они не предусматривают совмещение операций формообразования, упрочнения магнитным полем и импульсно-ударным деформированием.

Предложен инструмент для комбинированной обработки поверхностей деталей шлифованием и магнитно-динамическим накатыванием (МДН), содержащий следующие основные элементы: шпиндельный узел, состоящий из корпуса, электродвигателя, подшипниковых опор, оправки; магнитно-динамический накатник; стружкоулавливатель; абразивный круг; устройство регулирования величины натяга деформирующих шаров.

В магнитно-динамическом накатнике фланец и стакан образуют кольцевую камеру, в которой свободно расположены деформирующие шары. На фланце в аксиальных отверстиях с равномерным угловым шагом установлены источники магнитного поля в виде постоянных цилиндрических магнитов. Фланец закреплен на оправке, а стакан, установленный на корпусе шпиндельного узла инструмента, подпружинен и имеет возможность осевого регулировочного перемещения. Устройство регулирования величины натяга деформирующих шаров содержит электромагнитную катушку, закрепленную на корпусе шпиндельного узла и охватывающую цилиндрическую поверхность стакана.

В процессе отделочно-упрочняющей обработки абразивный круг инструмента снимает с детали установленный припуск и исключает биение формируемой поверхности, взаимодействующей с деформирующими шарами. В результате обеспечивается стабильная величина натяга деформирования и повышаются качественные характеристики обработки.

Для изменения величины натяга деформирования, допустим при настройке инструмента на обработку деталей, имеющих другие физико-механические характеристики, на обмотки электромагнитной катушки подают электрический ток с соответствующими характеристиками, обеспечивая необходимую величину регулировочного перемещения стакана.

УДК 621.793.09
ВЫГЛАЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫХ СВС-ЭЛЕКТРОДНЫХ
ПОКРЫТИЙ НА ПОВЕРХНОСТЯХ ДЕТАЛЕЙ ПРОКАТНЫХ СТАНОВ

А. П. ТИТОВА, А. В. МАКАРОВ, А. А. ВЛАДИМИРОВ
Старооскольский технологический институт имени А. А. Угарова
(филиал) Национального исследовательского
технологического университета «МИСиС»
Старый Оскол, Россия

Детали прокатных сортовых станов (детали привалковой арматуры, различные ролики, валки и др.) являются ответственными деталями, работающими при высоких температурных и механических нагрузках. Поэтому увеличение их износостойкости является актуальной научно-технической задачей.

Для упрочнения деталей прокатных станов перспективно использование синтетических твердых инструментальных материалов (СТИМ), разработанных в НИТУ «МИСиС» и изготовленных методом СВС-компактирования (самораспространяющийся высокотемпературный синтез), что было подтверждено результатами промышленных испытаний на АО «Оскольском электрометаллургическом комбинате», которые показали увеличение стойкости калибров прокатных валков в 8 раз [1].

Упрочнение производилось методом электроискрового легирования (ЭИЛ), который основан на явлении электрической эрозии и переноса материала анода (инструмента) на катод (заготовку). Сформированный на катоде поверхностный слой в основном состоит из материала анода, но в результате гидродинамического перемешивания расплавленных частиц материалов формируются и зоны смешанного состава [2].

При повышенных требованиях к микрогеометрии поверхностей деталей прокатных станов шероховатость поверхностей, упрочненных методом ЭИЛ, является в ряде случаев недостаточной. В связи с чем, задача снижения шероховатости поверхности сформированных покрытий является актуальной. Для снижения шероховатости электроискровые покрытия подвергают финишным операциям (шлифованию, притирке, поверхностно-пластическому деформированию, ультразвуковой и лазерной обработке). Но не все эти операции подходят для достаточно тонких (до 50 мкм) покрытий. Поэтому в данной работе было решено применить один из видов ППД – выглаживание.

Выглаживание электроискровых покрытий, сформированных материалами СТИМ-11 (TiB_2-NiAl) и СТИМ-40НА ($TiC-NiAl$) на стали 60ХН, проводилось на токарно-винторезном станке выглаживателем с индентором ($r = 6$ мм) из вольфрамокобальтового твердого сплава ($HV = 1340$ кгс/мм²) на следующих технологических режимах: частота

вращения заготовки $n = 70$ об/мин, продольная подача индентора $S = 0,05$ мм/об, сила выглаживания $P = 500$ Н.

При выглаживании индентор взаимодействует как с непосредственно твердосплавными составляющими покрытия, так и с участками смешанного состава. В результате, деформирующих усилий для выглаживания твердого сплава недостаточно, его отдельные вершины отламываются, а места смешанных зон хорошо поддаются деформации и вдавливаются в более мягкую подложку (рис. 1).

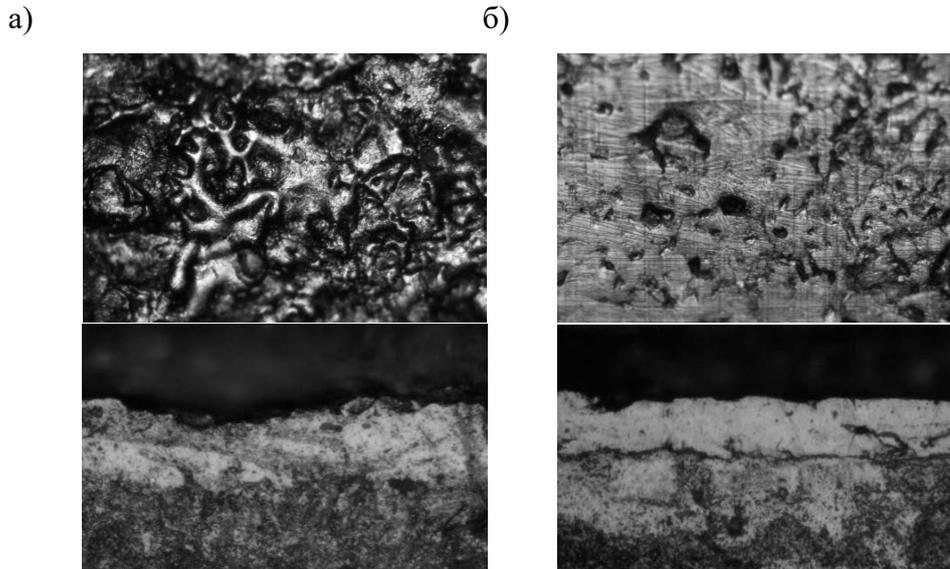


Рис. 1. Структура поверхности образцов: *а* – с ЭИЛ-покрытием; *б* – с ЭИЛ-покрытием после выглаживания

Сформированные ЭИЛ-покрытия характеризуются микротвердостью до 980 кгс/мм², превышающей образец из стали 60ХН в 4 раза, и шероховатостью Ra $5 \dots 10$ мкм. Применение ППД выглаживанием способствует снижению шероховатости поверхностей от 2,6 раза (СТИМ-40НА) до 5,6 раз (СТИМ-11), что свидетельствует о перспективности применения выглаживания для снижения шероховатости упрочненных СВС-электродными материалами поверхностей деталей прокатных станков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перспективы применения технологии электроискрового легирования и СВС-электродных материалов для повышения стойкости прокатных валков / А. Е. Кудряшов, Е. А. Левашов, Н. И. Репников, А. В. Макаров // Нанотехнологии: наука и производство. – 2018. – № 2. – С. 63–66.
2. **Пячин, С. А.** Перенос металлов с анода на катод при электроискровом воздействии / С. А. Пячин, В. Г. Заводинский, М. А. Пугачевский // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2007. – № 11 (35). – С. 7–13.

УДК 621.9.012.3

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ КОНЦЕВЫМИ ФРЕЗАМИ
ВНЕШНИХ УГЛОВ НА СТАНКАХ С ЧПУ

А. М. ФЕДОРЕНКО

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

При обработке концевыми фрезами ввод инструмента на контур детали является ответственным этапом. Неудачный выбор характера траектории на участке ввода фрезы на обработку может привести к резкому росту сил резания, что влечет снижение стойкости инструмента. Рекомендуемое существенное снижение величины подачи на данном участке обработки не является идеальным решением, т. к. приводит к снижению производительности.

В настоящих исследованиях поставлена задача оценить степень влияния характера траектории фрезы на участке входа в обработку на динамику изменения силы резания. Рассматривались прямолинейные траектории: инструмент входит на обработку перпендикулярно контуру, касательно направления контура, под углом к контуру (30, 45 и 60°); по криволинейной траектории – круговой.

С целью установления мгновенного припуска, срезаемого фрезой на участке ввода, была разработана совокупность графических моделей процесса обработки, которая послужили основой для установления математических зависимостей величины припуска от пути перемещения.

С целью оценки величины силы резания была разработана программа для ПЭВМ в среде MS Excel с использованием языка программирования VBA.

Результатом моделирования стал график, отражающий зависимость силы резания P_z от пути врезания инструмента до достижения им расчетного значения припуска. Такой график был построен для каждой рассматриваемой траектории.

Установлено, что худшим вариантом из имеющихся является врезание фрезы перпендикулярно контуру, т. к. сила резания при этом возрастает наиболее резко, что приведет к преждевременному износу инструмента. Способом, обеспечивающим минимальное значение силы резания на протяжении всей траектории врезания, является перемещение по дуге окружности, т. к. в совокупности с благоприятными условиями удаления стружки она имеет наиболее плавный характер изменения сил резания. Также в процессе исследований установлена длительность участка врезания фрезы в обработку для каждой из траекторий, выполнена оценка затрат времени на осуществление процесса врезания.

УДК 621.01:531

КИНЕМАТИКА КУЛИСНОГО МЕХАНИЗМА
МЕТОДОМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КООРДИНАТ

О. В. БЛАГОДАРНАЯ, О. А. ПОНОМАРЕВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Для кулисного механизма (рис. 1) при исследовании кинематики точки B , лежащей на кулисе, может быть применен метод преобразования координат

$$\begin{cases} x_B = h_3 b_{11}; \\ y_B = h_3 b_{21}; \\ l = b_{11}^2 + b_{21}^2, \end{cases} \quad (1)$$

где $b_{11} = \cos \varphi_3$, $b_{21} = \sin \varphi_3$, $h_3 = \sqrt{(x_B^2 + y_B^2)}$.

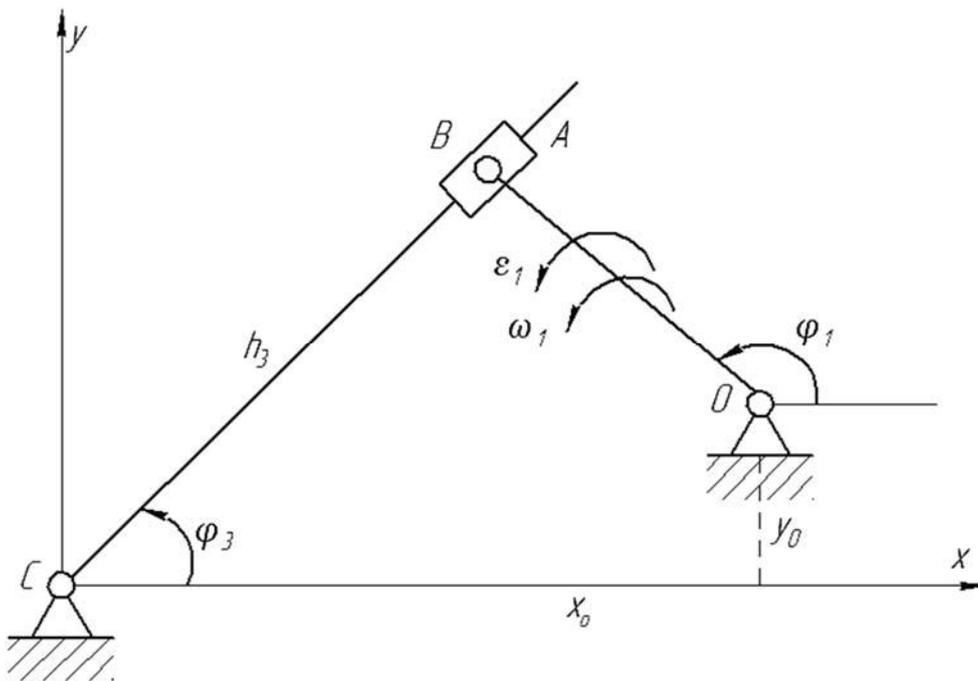


Рис. 1. Кулисный механизм

Так как геометрическое место точки A , лежащей на кривошипе, и точки B , принадлежащей кулисе, совпадает, то $x_B = x_A$, $y_B = y_A$.

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

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_B \\ \dot{y}_B \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & h_3 & 0 \\ b_{21} & 0 & h_3 \\ 0 & b_{11} & b_{21} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{h}_3 \\ \dot{b}_{11} \\ \dot{b}_{21} \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Решение данной системы можно найти по формуле $V_y = M^{-1}V_x$, где M^{-1} – обратная матрица,

$$M^{-1} = \begin{bmatrix} -h_3 b_{11} & -h_3 b_{21} & h_3^2 \\ -b_{21} & b_{11} b_{21} & -h_3 b_{11} \\ b_{11} b_{21} & -b_{11}^2 & -h_3 b_{21} \end{bmatrix} / \det. \quad (3)$$

Здесь \det – детерминант (определитель) матрицы, $\det = -h_3(b_{11}^2 + b_{21}^2)$. Элементами обратной матрицы служат алгебраические дополнения элементов исходной матрицы, найденные по известным правилам нахождения алгебраического дополнения.

Угловую скорость кулисы можно найти по формуле

$$\omega_3 = -\dot{b}_{11} / b_{21}. \quad (4)$$

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

$$\begin{bmatrix} \ddot{x}_B - 2\dot{h}_3 \dot{b}_{11} \\ \ddot{y}_B - 2\dot{h}_3 \dot{b}_{21} \\ -(b_{11}^2 + b_{21}^2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & h_3 & 0 \\ b_{21} & 0 & h_3 \\ 0 & b_{11} & b_{21} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{h}_3 \\ \ddot{b}_{11} \\ \ddot{b}_{21} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Угловое ускорение кулисы находим по формуле

$$\varepsilon_3 = -\ddot{b}_{11} / b_{11} + \dot{b}_{11} \dot{b}_{21} / b_{21}^2. \quad (6)$$

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

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

УДК 621.833
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ДЛЯ ОЦЕНКИ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЗАЦЕПЛЕНИИ
ЭКСЦЕНТРИКОВЫХ ПЕРЕДАЧ

П. Н. ГРОМЫКО, С. В. ГОНОРОВА, Д. А. ЗВЕРТОВСКИЙ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

К одному из перспективных видов механических передач с точки зрения компактности и обеспечения редуцирования в широком диапазоне передаточных отношений можно отнести эксцентрикые передачи. Первоначально рассмотрены вопросы минимизации габаритных размеров эксцентрикых передач на основе совершенствования геометрии зацепления контактирующих колес. Одной из основных задач исследований при решении вопросов минимизации габаритных размеров указанных передач является определение контактных напряжений в зацеплении контактирующих колес. Решение вопросов, связанных с контактной прочностью механических передач, затруднено многопарностью контактных взаимодействий. Задача еще более усложняется в том случае, если при расчетах необходимо учитывать упругие деформации и погрешности изготовления и сборки передач эксцентрикых типа. Как показывают экспериментальные исследования, исключение указанных выше факторов приводит к значительной погрешности при расчетах. Поэтому аналитические способы определения контактных напряжений не только трудоемки по объему исследований, а также в виду большого количества допущений могут приводить к снижению точности расчетов.

Наиболее рациональный путь исследований напряженно-деформированного состояния в многопарном зацеплении эксцентрикых передач является применение методов компьютерного моделирования, основанного на методе конечных элементов. Это способ позволяет более полно оценить возникающее сложное напряженное состояние в зубьях эксцентрикых передач и также определить деформации контактирующих звеньев даже при наличии погрешностей изготовления и упругих деформаций звеньев.

К настоящему времени в среде программного комплекса SolidWorks разработаны компьютерные модели эксцентрикых передач с различными профилями зубьев контактирующих колес и определены значения контактных напряжений. Это позволило доказать эффективность применения в зацеплении профилей зубьев сателлита, формообразованных на основе использования удлиненной эпициклоиды.

УДК 621.833
СНИЖЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕРЕДАЧ
ЭКСЦЕНТРИКОВОГО ТИПА НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ
СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРОФИЛЕЙ ЗУБЬЕВ КОНТАКТИРУЮЩИХ КОЛЕС

П. Н. ГРОМЫКО, И. В. ТРУСОВ, С. Н. ХАТЕТОВСКИЙ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Снижение себестоимости передач эксцентрикового типа является одной из основных задач при их проектировании. Однако необходимые эксплуатационные показатели можно получить, если обеспечить высокую точность изготовления и сборки эксцентриковой передачи, что неизбежно приводит к повышению себестоимости приводного механизма в целом.

Одним из направлений, позволяющих снизить требования к точности изготовления и сборки звеньев эксцентриковой передачи при обеспечении ее высокого уровня служебных свойств, является применение в зацеплении специальных профилей зубьев контактирующих колес.

Основным критерием, по которому можно провести сравнительную оценку эффективности применения того или иного профиля зубьев эксцентриковой передачи, является чувствительность показателей зацепления к погрешностям её изготовления и сборки. Под указанной чувствительностью следует понимать, насколько снижение или повышение точности изготовления и сборки эксцентриковой передачи повлияет на такие показатели зацепления как КПД, плавность вращения выходного вала.

На основе проведенных компьютерных исследований были предложены специальные прямобочные профили формообразующих зубьев центрального колеса. В основе процесса формообразования заложена удлиненная эпициклоида [1]. Проведенные исследования позволили сделать вывод, что эксцентриковые передачи с профилями зубьев, в основе формообразования которых лежит удлиненная эпициклоида, имеют пониженную чувствительность погрешностей изготовления к основным эксплуатационным показателям. Полученный результат был подтвержден испытаниями экспериментального образца эксцентрикового редуктора с указанными выше специальными профилями зубьев.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Громько, П. Н. Использование удлиненной эпициклоиды для формообразования зубчатых поверхностей передач эксцентрикового типа / П. Н. Громько, С. Н. Хатетовский, В. Л. Юркова // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2019. – № 1. – С. 14–21.

УДК 621.833.68
К ВЫБОРУ ТИПА И МЕСТА УСТАНОВКИ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ
В ПЛАНЕТАРНОЙ ПЛАВНОРЕГУЛИРУЕМОЙ ПЕРЕДАЧЕ

А. М. ДАНЬКОВ, Ю. В. ГОНЧАРОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Первостепенная необходимость использования в планетарной плавнорегулируемой передаче упругих элементов обусловлена особенностями конструкции передачи, связанными с изменениями геометрии центрального зубчатого колеса при регулировании передаточного отношения. С целью предотвращения возможных при этом поломок и нивелирования кинематической погрешности в конструкции передачи предусмотрена возможность упругого смещения в окружном направлении непосредственно участвующих в процессе зацепления элементов передачи (деталей сателлита и или центрального зубчатого колеса), специально выполняемых с этой целью двухпоточными (простейший способ обеспечить двухпоточность зубчатых секторов – осевое смещение половины из них). Роль упругого элемента в такой ситуации заключается в восприятии рабочей нагрузки при достаточно малой деформации (упругого смещения элемента) и возврат этого элемента в исходное положение, и эта роль тем более важна, что выбор места установки упругого элемента в значительной степени определяет конструкцию передачи. В подтверждение этого тезиса можно привести следующие рассуждения. В настоящее время безотносительно к способу компенсации кинематических флуктуаций передачи существуют две ее конструктивные разновидности, отличающиеся как конструктивными особенностями, обусловленными наличием двух силовых потоков, так и преобразующей способностью. Это передача с соосными зубчатыми венцами сателлита и венцами, расположенными оппозитно.

В передаче с соосными зубчатыми венцами сателлита выполнять упругоподвижными зубчатые венцы секторов центрального зубчатого колеса – далеко не лучшее решение, приводящее к чрезмерно громоздкой конструкции последнего. Кроме того, в передаче, используемой в качестве силовой, встроенные в конструкцию сателлита упругие элементы (например, пластинчатые, расположенные радиально, и цилиндрические, расположенные перпендикулярно оси сателлита, пружины) явно неработоспособны. Представляется, что в таких передачах целесообразно использовать пару трубчатых торсионов, торцы которых жестко закреплены на каждом из зубчатых венцов сателлита, а свободные концы объединены в узел жесткости. Торсионы способны при приемлемых радиальных размерах воспринимать требуемые нагрузки (крутящие моменты), их жесткостью можно управлять, варьируя размеры, а их единственным недостатком

являются значительные осевые размеры. Если в автомобильных трансмиссиях использование таких передач проблематично, то их применению в силовых приводах с регулируемой скоростью рабочего органа препятствий нет. Немаловажно, что улучшить потребительские качества передачи можно с помощью технического решения, заимствованного в конструкции кулачковых предохранительных муфт. Суть этого решения заключается в выполнении на обращенных друг к другу торцах зубчатых венцов сателлита выступов, подобных кулачкам предохранительной муфты, взаимодействие которых обеспечивает вызванное вынужденным окружным смещением зубчатых венцов их небольшое осевое смещение. При этом в качестве упругих элементов можно использовать компактные специальные тарельчатые пружины, жесткостью которых можно управлять методами, описанными в специальной литературе.

Передача с оппозитными зубчатыми венцами сателлитов имеет повышенные по сравнению с вышерассмотренной модификацией передачи радиальные габариты, что, конечно же является недостатком, с избытком компенсируемым возможностью конструктивного упрощения передачи. В этой модификации передачи связать упругоподвижно собственно зубчатые венцы сателлита не представляется возможным, так как они должны быть зафиксированы от вращения вокруг собственных осей с целью упрощения общей конструкции передачи. В таком случае каждый из зубчатых венцов сателлита должен быть выполнен составным с возможностью упругого смещения венцов друг относительно друга, организованного аналогично узлу сателлита с соосными зубчатыми венцами, связанными аналогом кулачковой предохранительной муфты, причем зубчатые сектора центрального зубчатого колеса могут быть выполнены однопоточными и расположенными не в шахматном порядке, а последовательно. Необходимо отметить, что графическое моделирование такого узла показало его невысокую эффективность по причине фиксации частей зубчатых венцов сателлита от вращения вокруг собственной оси. В качестве альтернативы малоэффективному техническому решению может быть предложен перенос места установки компенсирующих упругих элементов с сателлита на центральное зубчатое колесо. При этом последовательно установленные зубчатые сектора необходимо выполнить составными и двухпоточными, для чего оба зубчатых венца сектора необходимо упругоподвижно связать с его корпусом. В результате предварительной конструкторской проработки узла установлено, что зубчатые венцы секторов могут быть установлены в корпусах на подшипниках качения, а ограничители их окружных перемещений выполнены в виде пружинных фиксаторов, упругие элементы которых выполнены в виде кольцевых или компактных тарельчатых пружин.

Из изложенного легко усмотреть наличие связи между конструкцией передачи, а также типом и местом установки упругих компенсаторов.

УДК 62-8:531.3
 РАСЧЕТ УГЛОВОЙ ЖЕСТКОСТИ РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКОГО
 ШАРНИРА ОЧИСТКИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Д. А. ДУБОВИК¹, О. А. БАРАН¹, С. С. ЧЕПЕЛЕВИЧ¹,
 А. Н. ВЫРСКИЙ², Д. В. ДЖАСОВ²

¹Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси
 Минск, Беларусь

²ОАО «ГОМСЕЛЬМАШ»
 Гомель, Беларусь

Одной из тенденций развития сельскохозяйственного машиностроения является повышение производительности выпускаемой техники [1]. Повышение производительности уборочных комбайнов достигается увеличением пропускной способности их основных систем, включая очистку, предназначенную для выделения зерна из зернового вороха.

Увеличение пропускной способности очистки сопровождается ростом размеров и масс ее рабочих органов, приводит к возрастанию нагрузок в шарнирах привода [2] и актуализирует разработку методов уравнивания приводных механизмов [3, 4]. Для математического описания работы механизма привода необходимо составление моделей его элементов, среди которых наиболее ответственными являются резинометаллические шарниры, т. н. сайлентблоки.

Поскольку сайлентблоки, применяемые в системе очистки зерноуборочных комбайнов ОАО «ГОМСЕЛЬМАШ», имеют сборную конструкцию, расчет их угловой жёсткости осуществляется по формулам для жёсткости резинового элемента при коаксиальном скручивании, полученным С. И. Дымниковым и приведённым в [5]:

$$c = 4\pi l G \frac{r_1^2}{1 - \frac{r_1}{r_2}} (1 - 2A)(1 + 3A) \left(1 - D \frac{r_2^{r/2}}{r_1^{r/2}}\right),$$

где r_1 , r_2 и r_1' , r_2' – внутренний и наружный радиусы резинового кольца до и после запрессовки; l – длина резинового кольца сайлентблока;

$$A = \frac{(r_2' - r_2)^2}{r_2^2} - B \frac{r_2^{r/2}}{r_2^2}; \quad B = \frac{r_1^{r/2}}{\left(1 - \frac{r_1^2}{r_2^2}\right) r_2^{r/2}} \left(\frac{r_1' - r_1}{r_1} - \frac{r_2' - r_2}{r_2}\right); \quad D = \frac{B}{1 + 3A}.$$

В качестве примера на рис. 1 приведены результаты расчета угловой жесткости сайлентблока очистки зерноуборочного комбайна КЗС-1218 в зависимости от длины и наружного радиуса резинового кольца.

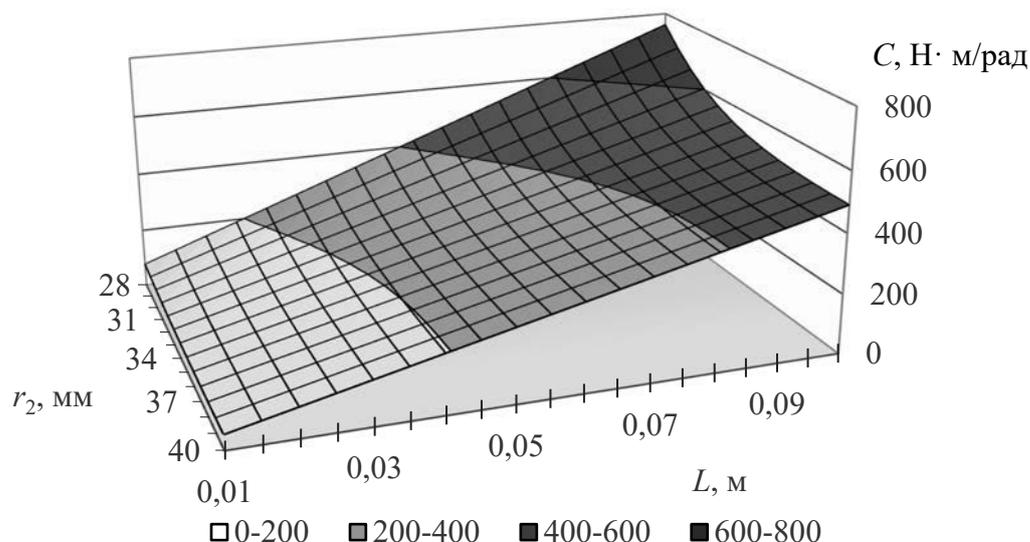


Рис. 1. Влияние длины и наружного радиуса резинового элемента на угловую жесткость шарнира

Полученные результаты позволяют повысить адекватность математической модели и точность расчетов механизма очистки зерноуборочного комбайна, а также производить выбор параметров сайлентблока для обеспечения задаваемой жесткости шарниров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **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.
2. Кинематический и силовой анализ двухстанной очистки зерноуборочного комбайна / Д. А. Дубовик [и др.] // Проблемы машиностроения и надёжности машин. – 2019. – № 6. – С. 78–90.
3. **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.
4. 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.
5. **Потураев, В. Н.** Резиновые детали машин / В. Н. Потураев, В. И. Дырда. – Москва: Машиностроение, 1977. – 216 с.

УДК 62-8:531.3

ВЛИЯНИЕ САЙЛЕНТБЛОКОВ НА ДИНАМИЧЕСКУЮ
НАГРУЖЕННОСТЬ ПРИВОДА МЕХАНИЗМА ОЧИСТКИ

Д. А. ДУБОВИК¹, В. И. ПРИБЫЛЬСКИЙ¹, Н. П. ПЕРШУКЕВИЧ¹,
А. С. ШАНТЫКО², А. Н. ВЫРСКИЙ²

¹Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси
Минск, Беларусь

²ОАО «ГОМСЕЛЬМАШ»
Гомель, Беларусь

Сайлентблоки (резинометаллические шарниры) получили широкое распространение в качестве шарниров механизма очистки современных зерноуборочных комбайнов. В частности, в шарнирах двухстанной очистки зерноуборочного комбайна КЗС-1218 применяется сайлентблок КЗР-0202750 [1]. Применение их вместо подшипников позволяет устранить операции обслуживания и смазывания, снизить требования к точности сопряжений рамы и подвижных рабочих органов очистки, увеличить срок службы узла, а также уменьшить уровень передаваемой через шарнир высокочастотной вибрации. Одной из особенностей применения сайлентблоков вместо подшипников является наличие в шарнире крутящего момента, вызванного упругостью резинового наполнителя и оказывающего нагружающее воздействие на раму и рабочие органы очистки. В связи с этим представляет практический интерес исследование влияния упругой характеристики сайлентблоков на нагруженность привода колеблющихся рабочих органов очистки.

Целью настоящей работы является оценка влияния применения сайлентблоков вместо подшипников на динамическую нагруженность привода колеблющихся рабочих органов механизма очистки зерноуборочного комбайна. Оценка осуществлялась путем сравнения размаха крутящего момента на ведущем звене (эксцентриковом валу) механизмов очистки с подшипниками в шарнирах и с упругими связями между звеньями (сайлентблоками).

Исследования проводились расчетно-аналитическим методом на примере механизма двухстанной очистки, близкого по своим массовым и геометрическим параметрам к механизму очистки зерноуборочного комбайна КЗС-1218. Для определения величины крутящего момента на эксцентриковом валу выполнено моделирование кинематических и силовых параметров вариантов конструкции механизмов двухстанной очистки с подшипниковыми шарнирами и с сайлентблоками.

С целью упрощения расчетов при моделировании были приняты следующие допущения:

- механизм очистки рассматривался как плоский;

- коэффициент крутильной жесткости сайлентблоков принят постоянным в пределах их углов закручивания;
- диссипативные силы не учитывались;
- величина угловой скорости ведущего звена очистки принята постоянной.

Расчеты проводились для номинальной частоты вращения эксцентрикового вала механизма очистки. Исходные данные для расчетов соответствовали параметрам механизма очистки зерноуборочного комбайна КЗС-1218.

Кинематический анализ рассматриваемых вариантов механизма очистки выполнен методом векторных контуров [2]. Так как кинематика звеньев механизмов очистки с подшипниками и с сайлентблоками одинакова, результаты кинематического анализа использовались при силовом анализе обоих вариантов конструкции механизма очистки.

Силовой анализ механизмов проводился методом кинестатики [2]. Упругость сайлентблоков (для варианта конструкции механизма с сайлентблоками) учитывалась приложением крутящего момента, пропорционального углу закручивания, в соответствующих шарнирах механизма очистки. В качестве шарниров приняты 20 сайлентблоков с одинаковой крутильной жесткостью, установленных в узлы связей подвесок с опорами и колеблющимися рабочими органами очистки. Величина коэффициента крутильной жесткости сайлентблока при расчетах равна его реальной осредненной жесткости, определенной экспериментально (приблизительно 480 Н·м/рад).

Как показали результаты силового анализа, применение в механизме очистки сайлентблоков вместо подшипников при номинальном режиме работы механизма очистки обеспечивает снижение размаха крутящего момента на ведущем звене приблизительно в 1,4 раза при одновременном снижении размаха реакций на опорах механизма.

Таким образом, проведенные исследования показали, что применение сайлентблоков в качестве шарниров механизма очистки не только улучшает потребительские свойства зерноуборочного комбайна, но и обеспечивает снижение динамической нагруженности привода механизма очистки при номинальном режиме работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Повышение надёжности механизма привода очистки зерноуборочного комбайна увеличением ресурса сайлентблоков / Д. А. Дубовик [и др.] // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2019. – С. 86–87.

2. **Артоболевский, И. И.** Теория механизмов и машин / И. И. Артоболевский. – Москва: Наука, 1975. – 638 с.

УДК 621.926
МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ОТ РЖАВЧИНЫ

В. Л. КОМАР
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Наиболее распространенным и высокопроизводительным методом удаления ржавчины с различных поверхностей деталей является обработка поверхности с помощью песка и различных способов его нагнетания.

Пескоструйная обработка малоэнергоёмкая, проста в эксплуатации и не требует больших материальных затрат.

Пескоструйные установки, применяемые в технике для обработки деталей машин, различны по своей конструкции и носителю абразива. Рассмотрим наиболее распространенные методы.

Обработка деталей под давлением воздуха.

Достоинства данного метода заключаются в простоте конструкции установки, малой металлоёмкости, мобильности и небольших затратах на изготовление установки. Недостатками являются пылеобразование и использование средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения; увлажнение песка, подаваемого в установку теплым воздухом из компрессора, что приводит к осадке конуса песка. Это снижает производительность установки.

Обработка деталей под давлением воды.

Достоинства данного метода заключаются в отсутствии пыли; нет необходимости в сушке песка и его просеивании. Недостатком является то, что в течение суток обработанная поверхность подвергается коррозии.

Обработка деталей под давлением горячей струи воздуха.

Очистка деталей осуществляется как с помощью пескоструйной установки под давлением воздуха, так и движущей силы, возникающей при сгорании жидкого топлива. При таком методе песок бомбардирует обрабатываемую поверхность именно за счет этой силы.

Преимущества данного метода – большая площадь обработки в единицу времени. Недостатки – высокий шум при сгорании топлива; необходимо предусматривать меры пожарной безопасности; высокая стоимость топливных форсунок.

Обработка деталей измельченными кусочками льда.

Достоинства метода – отсутствие пылеобразования при работе; высокая производительность. Недостатки метода – измельчение льда до определенной фракции; быстрое покрытие ржавчиной обработанной поверхности; высокая стоимость используемого оборудования.

УДК 621.926

ПЕСКОСТРУЙНАЯ УСТАНОВКА С МЕХАНИЧЕСКИМ ВИБРАТОРОМ

В. Л. КОМАР

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Принцип работы пескоструйного аппарата заключается в следующем: используемый в работе абразив под воздействием воздушного потока подается в магистраль аппарата и с высокой скоростью выбрасывается на поверхность обрабатываемого предмета. При этом происходит удаление с него всех возможных загрязнений.

Существует четыре основных вида пескоструйных аппаратов: маломощные, среднемощные, высокопроизводительные и аппараты большого насыпного объема.

Основным преимуществом маломощного пескоструйного аппарата является легкий вес, что позволяет использовать его практически в любых условиях и для любых объектов.

Время обработки изделий, покрытых ржавчиной или краской, зависит не только от величины давления в сопле пескоструйной установки, но также от непрерывности подачи песка в сопло установки. В процессе работы подача песчаной смеси, выходящей из сопла, уменьшается и эффективность обработки поверхности детали снижается. Для того чтобы процесс работы был эффективным и непрерывным, необходимо частое встряхивание емкости с песком. Потери во времени возникают из-за того, что приходится снимать защитную маску, закрывать подачу песка и встряхивать емкость с песком. Для устранения этого недостатка была предложена установка вибратора на пескоструй.

Установленный вибратор представляет собой корпус, в котором по беговой дорожке перемещается металлический шарик. Внутренний диаметр беговой дорожки ограничен цилиндром. Для обеспечения движения шарика по беговой дорожке вибратор снабжен крышкой. Воздух от компрессора подается через шланг и штуцер, сбрасывается в атмосферу через штуцер. Частота движения шарика регулируется вентилем.

Движение шарика осуществляется за счёт давления воздуха, подаваемого от компрессора. При движении шарика создается вибрация корпуса вибратора, передаваемая на корпус емкости с песком. В результате этого происходит осадка конуса песка и процесс подачи песка из сопла становится непрерывным. Также в процессе подачи песка воздух нагревается и смешивается с песком, увлажняя его. В результате чего подача песка замедляется. Возникает необходимость постоянной очистки сопла от мокрых накоплений песка. Это снижает производительность работы пескоструйной установки. Поэтому на выходе из компрессора, а также на самом пескоструе, установлены влагоотделители.

УДК 621.548.5
 РАСЧЁТ МОЩНОСТИ ВЕТРЯНОГО ПОТОКА И КРАТКОЕ
 ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНФУЗОРОВ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА

Д. Я. ЛОСЕВ

Тюменский индустриальный университет
 Тюмень, Россия

Нефтяная отрасль является наиважнейшей в мире, проблема электрификации снижает темп и качество добычи нефтяных ресурсов.

Решением данной проблемы могут являться ветрогенераторы с вертикальной осью вращения.

Модель вертикального ветрогенератора представлена на рис. 1.

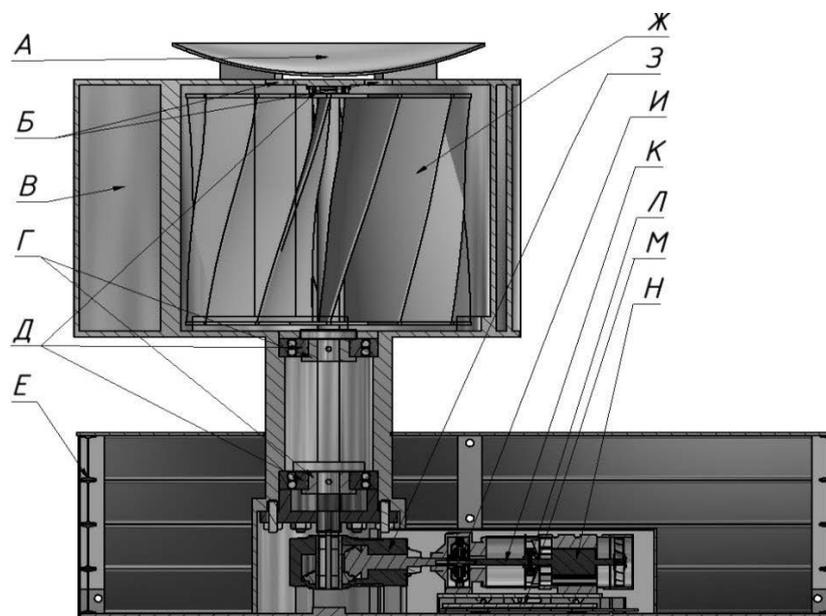


Рис. 1. Схема вертикального ветрогенератора: А – конфузorno-диффузорная чаша; Б – вентиляционные отверстия; В – корпус внутренней камеры; Г – фиксирующие втулки; Д – радиально-упорные подшипники (900 мм / 360 мм); Е – двутавр 45М ГОСТ 19425–74; Ж – лопасти; З – конический редуктор Rossi CL 360 U02A-10B3; И – редуктор планетарного типа СИН 72; К – вал; Л – компенсирующая муфта; М – модуль линейного перемещения по 2 степеням свободы; Н – генератор переменного тока ГС-100-Б-КМ

Для выработки нужной мощности (100 кВт·ч) необходимо сконцентрировать всю мощность ветряного потока на лопасти ветрогенератора. Мощность, по определению, равна отношению работы, выполняемой за некоторый промежуток времени, где работа осуществляется изменением кинетической энергии ветра:

$$N_{nom} = \frac{dT}{dt} = \frac{\rho S v^3}{2} = \frac{\rho \pi r^2 v^3}{2}, \quad (1)$$

где ρ – плотность ветряного потока; S – ометаемая площадь лопастей; v – скорость ветра.

Далее приведён график зависимости скорости ветра от радиуса лопасти $v(r)$ (рис. 2).

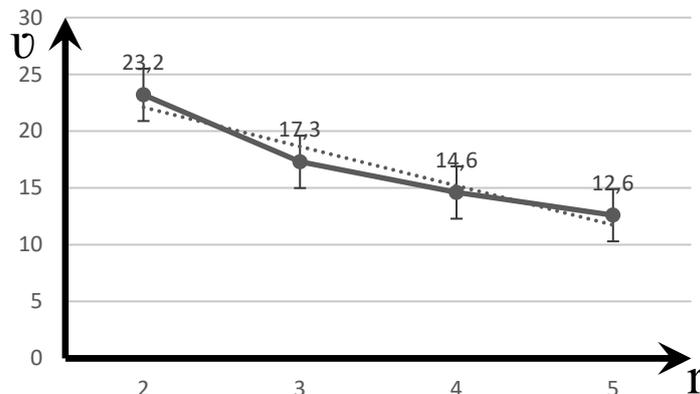


Рис. 2. График зависимости $v(r)$

С увеличением радиуса лопасти уменьшается минимальная скорость ветра, нужная для продуцирования энергии.

Конфузор, построенный логарифмической зависимостью, позволит концентрироваться входящему ветряному потоку по спирали при засасывании в камеру без потери скорости на сопротивление и перепады давления вследствие образующихся зон турбулентности. По эффекту Вентури при увеличении скорости ветряного потока понижается его давление в среде для сохранения равенства, что видно из формулы Бернулли:

$$\frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh + P_1 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh + P_2, \quad (2)$$

где ρ – плотность ветряного потока; v – скорость ветра; P – давление в камере; h – высота; g – ускорение свободного падения.

Таким образом была введена конфузорная система, позволяющая увеличить скорость ветрового потока в системе, что в свою очередь повысит общий потенциал ветрогенератора в целом посредством увеличения снимаемой мощности с лопастей ветрогенератора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Земсков, В. И.** Возобновляемые источники энергии в АПК: учебное пособие / В. И. Земсков. – Москва: Лань, 2014. – 368 с.

2. **Шефтер, Я. И.** Изобретателю о ветродвигателях и ветроустановках / Я. И. Шефтер, И. В. Рождественский. – Минск: Минсельхозиздат, 1957. – С. 14–37.

УДК 621.83.06
 МОДЕЛИРОВАНИЕ КУЛАЧКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ СФЕРИЧЕСКОЙ
 ПЕРЕДАЧИ, КОНТАКТИРУЮЩЕЙ С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ РОЛИКОМ

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

Сферические роликовые передачи (СРП) относятся к классу сферических механизмов и по структуре и кинематике аналогичны зубчатым планетарным передачам с двухрядным сателлитом [1]. Отличие состоит в том, что сателлит СРП совершает не плоское, а сферическое движение, а именно регулярную прецессию, преобразуя параметры движения ведущего вала. Разработаны методики компьютерного моделирования и технологии изготовления [2] шариковых передач. Результаты данной работы направлены на разработку алгоритмов моделирования кулачковых поверхностей, взаимодействующих с цилиндрическими роликами, установленными на сателлите в два ряда. Моделирование производилось в системе NX. В качестве исходных данных принимались: радиус ролика r_s ; число периодов (зубьев) Z ; угол наклона сателлита Θ ; высота ролика t_s . Первоначально строились замкнутые пространственные периодические кривые 1 и 2 (рис. 1) согласно параметрическим уравнениям.

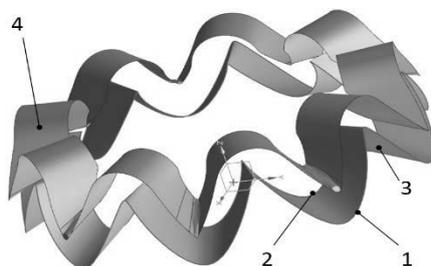


Рис. 1. Моделирование кулачковой поверхности

Далее формировалась поверхность 3, представляющая собой геометрическое место осей роликов. На заключительном этапе проводилось построение искомой кулачковой поверхности 4, эквидистантной поверхности 3. Изготовление кулачков предполагается с помощью порошкового 3D-принтера.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лустенков, М. Е. Оценка кинематических возможностей и КПД сферической и роликовой передач / М. Е. Лустенков, Е. С. Лустенкова // Вестн. машиностроения. – 2019. – № 3. – С. 25–28.
2. Лустенков, М. Е. Расчет геометрии адаптированного профиля эллипсной шариковой передачи / М. Е. Лустенков // Технология машиностроения. – 2005. – № 5. – С. 36–38.

УДК 621.833.6

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЭКСЦЕНТРИКОВОЙ ПЕРЕДАЧИ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ
РАСПОЛОЖЕНИЕМ ВХОДНОГО И ВЫХОДНОГО ВАЛОВ
С ОДНИМ ПОТОКОМ МОЩНОСТИ

С. Д. МАКАРЕВИЧ, А. С. МАКАРЕВИЧ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Эксцентрикковые передачи – это передачи с многопарным зацеплением. Поэтому при разработке методики их расчета важно знать значение сил, скоростей скольжения в зоне контакта каждой пары взаимодействующих пар зубьев. В этом случае расчет эксцентрикковой передачи нельзя свести к расчету однопарного зацепления, который может быть осуществлен на основе известных методов теоретической механики. При расчете передачи с многопарным зацеплением необходимо установить, как распределяется нагрузка между каждой из контактирующих пар зубьев. Если учесть то, что на распределение нагрузки влияют не только геометрические параметры зацепления, но и погрешности изготовления и сборки звеньев передачи, упругие перемещения звеньев при работе передачи под нагрузкой, то решение аналитическим способом рассматриваемой задачи определения сил в многопарном зацеплении весьма проблематично. Одним из наиболее ранее распространенных способов решения задачи определения сил в многопарном зацеплении является проведение экспериментальных исследований. Недостатки этого способа заключаются в значительных временных и материальных затратах при его осуществлении.

С появлением высокоэффективной компьютерной техники и программного обеспечения стало возможно моделировать работу передач эксцентриккового типа с многопарным зацеплением, причем при моделировании работы зацепления учитывать различного рода погрешности, упругие перемещения звеньев и даже физические свойства материала.

Последовательность проектирования эксцентрикковой передачи с параллельным расположением входного и выходного валов на основе использования методов компьютерного моделирования состоит из двух этапов.

Первый этап – это расчет параметров для создания компьютерной модели эксцентрикковой передачи.

Второй – получение результатов расчета компьютерной модели, определение основных выходных показателей передачи, проведение проверочных расчетов, при необходимости корректировка расчетов параметров, полученных на первом этапе проектирования.

С помощью системы автоматизированного проектирования NX 8.5 была разработана компьютерная модель эксцентриковой передачи с параллельным расположением входного и выходного валов с одним потоком мощности, изображенная на рис. 1.

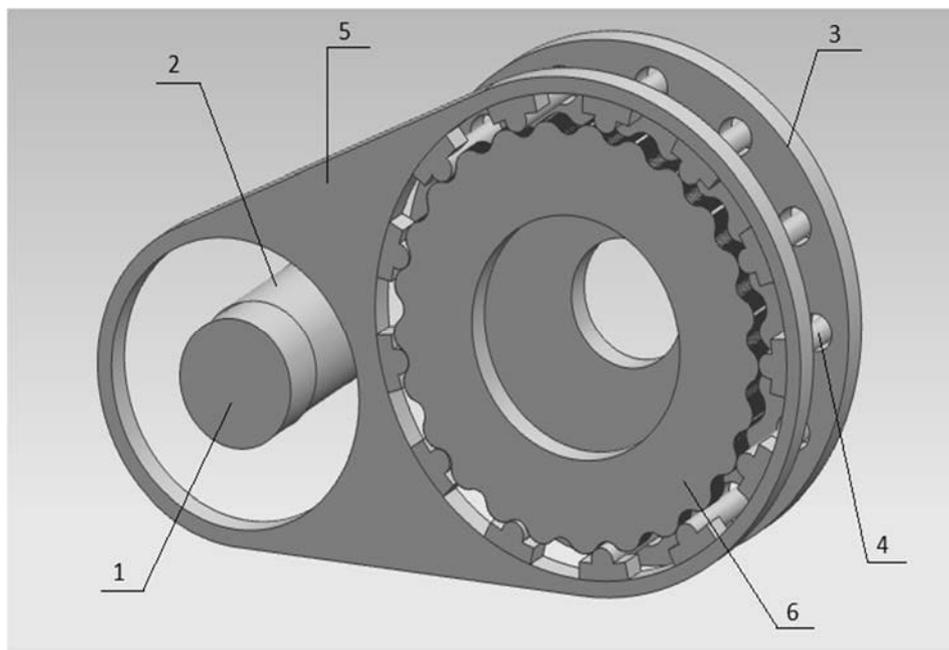


Рис. 1 Общий вид эксцентриковой передачи с параллельным расположением входного и выходного валов с одним потоком мощности: 1 – эксцентрик; 2 – входной вал; 3 – сателлит; 4 – ролик сателлита; 5 – неподвижный диск; 6 – центральное колесо

В процессе построения компьютерной модели применялся набор инструментов системы NX. С помощью этой системы были проведены исследования. В качестве выходных показателей эксцентриковой передачи с параллельным расположением входного и выходного валов с одним потоком мощности, которые могут быть определены в процессе ее компьютерных исследований, были взяты несколько параметров: КПД зацепления, плавность вращения выходного вала, а также силы в зацеплении трех зубьев сателлита.

В результате компьютерных исследований эксцентриковой передачи получены следующие результаты.

Коэффициент полезного действия зацепления эксцентриковой передачи с параллельным расположением входного и выходного валов с одним потоком мощности составляет значение около 76 %; кинематическая погрешность вращения выходного вала равна 14 угловых минут; значение реакций в подшипниковых опорах пар вращения (эксцентрик–сателлит) находится на уровне 5500Н.

УДК 621.83.06

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ РОЛИКОВ СФЕРИЧЕСКИХ РОЛИКОВЫХ ПЕРЕДАЧ

А. Н. МОЙСЕЕНКО, Е. С. ЛУСТЕНКОВА, Я. Н. МЕТЕЛИЦА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Современная приводная техника должна соответствовать требованиям надежности, низкой материалоемкости и энергоэффективности [1]. Сферические роликовые передачи (СРП) позволяют получить большие значения передаточных отношений при малых габаритах, сопоставимые с рядом, реализуемым планетарными зубчатыми передачами с двухрядным сателлитом, а также обладают дополнительными кинематическими возможностями [2]. Задачей исследований являлась разработка алгоритма вычислений основных геометрических параметров роликового зацепления в передаче с двухрядным сателлитом, совершающим сферическое движение. Ранее использовались тела качения в виде шариков, в новой конструкции предполагаются ролики цилиндрической формы. Моделирование производится в системе NX с последующей оценкой кинематических и силовых характеристик передач в системе MSC.ADAMS.

Были получены уравнения траектории сферической фрезы в виде параметрических уравнений $\{x(\varphi), y(\varphi), z(\varphi)\}$, где φ – центральный угол, отсчитываемый в плоскости xOy . Параметрами, входящими в эти уравнения, являются (рис. 1): R – радиус основной сферы ($R = R_{\max}$); Z – число периодов замкнутой траектории, определяемое задаваемым передаточным отношением. Также в уравнения входят угол наклона сателлита к оси передачи при его установке на ведущий вал Θ и параметр $L_{k\min} = \Delta + r_s$, где Δ – конструктивно принимаемая ширина сателлита; r_s – радиус сферической фрезы, формирующей беговую дорожку.

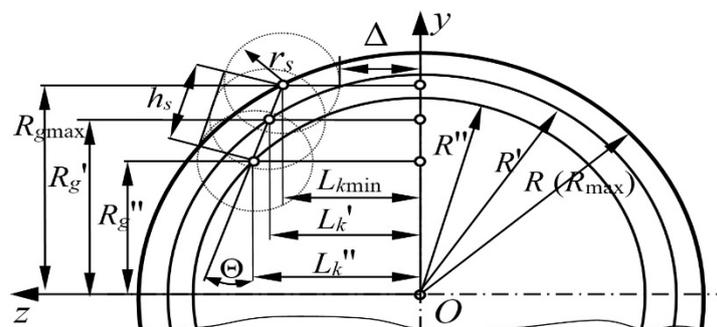


Рис. 1. Геометрические параметры СРП

Высота ролика h_s (см. рис. 1) определяется максимальной и минимальной высотами сателлита: $h_s = R_{g\max} - R_{g\min}$. Максимальная высота

сателлита вычисляется как

$$R_{g\max} = \sqrt{R^2 + L_{k\min}^2}. \quad (1)$$

Высота $R_{g\min}$ определяется с учетом конструктивных особенностей ведущего вала и размеров подшипников, на которых устанавливается сателлит.

Алгоритмом компьютерного моделирования профилей зубчатых колес, контактирующих с цилиндрическими роликами сателлита, предполагается построение ряда беговых дорожек с круглым профилем в нормальном сечении. Для этого необходимо корректировать параметры R и $L_{k\min}$, которые будут принимать значения R' , R'' и L_k' , L_k'' соответственно в связи с тем, что изменяется высота сателлита R_g от значения $R_{g\max}$ до R_g' , R_g'' . Указанные величины определяются согласно выражениям

$$L_k' = (R_{g\max} - R_g') \cdot \operatorname{tg}(\Theta) + L_{k\min}; \quad (2)$$

$$R' = \sqrt{(L_k')^2 + (R_g')^2}. \quad (3)$$

Приведем для примера численные значения параметров СРП при заданных значениях $R = 30$ мм, $\Theta = 6/30$ рад, $r_s = 5$ мм, $\Delta = 1$ мм, полученные в программе Mathcad. Высота ролика составила $h_s = 7,901$ мм при заданном $R_{g\min} = 21,493$ мм и рассчитанном $R_{g\max} = 29,394$ мм. Получены диапазоны изменения параметров: $R' = 30,0 \dots 22,798$ мм; $L_k' = 6,0 \dots 7,602$ мм. В параметрических уравнениях траекторий вычислений по формуле (3) можно избежать, т. к. определяющим параметром будет являться не радиус основной сферы R' , а высота R_g . Анализ выражений (2) и (3) показывает, что с уменьшением высоты R_g смещение L_k' центров масс роликов от экваториальной плоскости увеличивается, а радиусы основных сфер R' уменьшаются в линейной зависимости. Это означает, что амплитуда периодических кривых – траекторий – также уменьшается, т. к. $A' = \Theta/R'$. Амплитуда имеет оптимальное значение по критерию максимального КПД, что нужно учитывать при назначении угла Θ [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Lustenkov, M. E.** Strength calculations for cylindrical transmissions with compound intermediate rolling elements / M. E. Lustenkov // Int. J. of Mechanisms and Robotic Systems. – 2015. – Vol. 2, № 2. – P.111–121.
2. **Лустенков, М. Е.** Механизм с изменяющимся углом между осями валов / М. Е. Лустенков, Е. С. Фитцова // Вестн. Брян. гос. техн. ун-та. – 2014. – № 1. – С. 46–50.
3. **Лустенков, М. Е.** Оценка кинематических возможностей и КПД сферической и роликовой передач / М. Е. Лустенков, Е. С. Лустенкова // Вестн. машиностроения. – 2019. – № 3. – С. 25–28.

УДК 621.83.06

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
КОНИЧЕСКОЙ ВИНТОВОЙ ПЕРЕДАЧИА. П. ПРУДНИКОВ, А. Д. БОДУНОВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Значительным недостатком конических винтовых передач является наличие трения скольжения между витками резьбы, что приводит к снижению КПД и повышенному износу рабочих поверхностей. Причиной возникновения трения скольжения является разность линейных скоростей в точке контакта шестерни и колеса (так называемое геометрическое трение). Очевидно, что величина трения пропорциональна указанной разности скоростей.

К факторам, влияющим на величину разности линейных скоростей в точке контакта звеньев передачи, относятся несоответствие углов конусов звеньев передаточному отношению, вид профиля резьбы на звеньях передачи, а также смещение шестерни вдоль оси вследствие неточности регулировки опор ведущего вала. И если последний фактор может быть устранен в процессе сборки и эксплуатации передачи, то первые два должны быть учтены на этапе проектирования.

Для оценки влияния указанных факторов выполнен кинематический анализ передачи, в ходе которого выведены зависимости для определения линейных скоростей в точках контакта звеньев передачи. Разработана 3D-модель конической винтовой передачи и проведено компьютерное моделирование ее работы в программном пакете NX.

Влияние смещения шестерни при регулировке подшипников на величину геометрического трения установлено как незначительное, поскольку возможное смещение невелико.

Изменение углов конусов звеньев передачи позволяет увеличивать их длину контакта, а следовательно, и нагрузочную способность передачи, снижая при этом ее габаритные размеры (осевые или радиальные). Однако при этом разность линейных скоростей в точке контакта шестерни и колеса может достигать больших величин, приводя к значительному падению КПД и нивелируя полученный выигрыш в нагрузочной способности передачи.

Анализ влияния вида профиля резьбы показал, что наибольшее геометрическое трение возникает при применении прямоугольного профиля резьбы, а наименьшее – для круглого профиля. Трапецеидальный профиль с точки зрения влияния на трение скольжения занимает промежуточное положение. Однако разница между ними с точки зрения влияния на КПД и износ витков резьбы невелика.

УДК 621.83.06

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ КОНИЧЕСКОЙ ВИНТОВОЙ ПЕРЕДАЧИ

А. П. ПРУДНИКОВ, А. Д. БОДУНОВА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Основным преимуществом конической зубчатой передачи, определяющим ее область применения, является возможность передачи и преобразования вращательного движения между валами с пересекающимися осями вращения. Величина межосевого угла может при этом изменяться в широком диапазоне, но исходя из практики применения конической передачи составляет 90° . К недостаткам конической передачи относят большие нагрузки на валы и неравномерность распределения нагрузки по длине зуба вследствие консольного расположения шестерни. Это приводит к снижению нагрузочной способности передачи по сравнению с аналогичной цилиндрической на 15 %. Недостатком также является высокая трудоемкость нарезания зубьев на конической поверхности.

В данной работе для снижения влияния указанных недостатков на функциональные возможности механизма, в котором используется коническая передача, предложено применять вместо нее винтовую передачу. В последней преобразование вращательного движения между звеньями с пересекающимися осями вращения осуществляется за счет взаимодействия витков резьбы (прямоугольного, или трапецеидального, или круглого профиля), нарезанных на конических поверхностях звеньев.

Для снижения влияния изгибных и осевых нагрузок на валы на шестерне и колесе резьба делится на два участка: с левозаходней и правозаходней резьбами. Это позволяет снизить почти до нуля осевую и радиальную силы, действующие на колесо и шестерню, а также устраняет возникающую из-за указанных сил неравномерность распределения нагрузки. Шестерня при этом сохраняет консольное расположение. Выравнивание нагрузки между витками резьбы обеспечивается путем деления участка шестерни с нарезанной резьбой на секции, обладающие небольшой осевой подвижностью относительно друг друга.

Предложенная конструкция конической винтовой передачи обеспечивает высокие плавность работы и нагрузочную способность. При этом снижаются нагрузки на валы и опоры, значительно уменьшается трудоемкость изготовления звеньев передачи. Винтовая коническая передача в отличие от зубчатой имеет более низкие требования к точности установки и регулирования зацепления.

УДК 621.833

РАСШИФРОВКА ЭВОЛЬВЕНТНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС С НЕСИММЕТРИЧНЫМ ПРОФИЛЕМ ЗУБЬЕВ

Н. И. РОГАЧЕВСКИЙ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В работе [1] представлены основы методики расшифровки шести канонических параметров геликоидных (винтовых) частей боковых поверхностей несимметричных эвольвентных зубьев: числа зубьев z ; радиусов основных окружностей $r_{bP,H}$; основных углов наклона $\beta_{bP,H}$; основной угловой ширины впадины η_0 . Здесь и далее обозначения параметров соответствуют ГОСТ 16530–83 и ГОСТ 16531–83, а дополнительные индексы P и H указывают на принадлежность параметра условной соответственно рабочей и нерабочей поверхности зуба.

После определения указанных шести параметров необходимо установить величины пяти производственных параметров: углов профиля $\alpha_{P,H}$; модуля m ; угла наклона линии зуба β ; номинального коэффициента смещения x^* . Для вычисления этих пяти величин возможно составить четыре уравнения, т. к. одну винтовую поверхность можно получить бесконечным множеством производящих зубчатых колес с различными значениями α . Поэтому один из параметров – модуль m – найдем, предварительно измерив посредством шагомера нормальный шаг p_n и разделив его на π .

Проверяем значение m на принадлежность стандартным рядам.

По формулам, приведенным в ГОСТ 16532–70 и ГОСТ 1643–81, вычисляем для каждой из разноименных поверхностей зуба углы профиля $\alpha_{P,H}$, угол наклона линии зуба β , торцовые углы профиля $\alpha_{tP,H}$, делительный диаметр d , дополнительное смещение исходного контура E_{Hr} и коэффициент смещения x . Затем определяем, используя ГОСТ 13754–81, остальные параметры производящего контура инструмента для нарезания расшифрованного зубчатого колеса: h_a^* , h_f^* , h_l^* , c^* , ρ_f^* – коэффициенты соответственно высоты головки, ножки, граничной высоты, радиального зазора, радиуса дуги закругления вершины производящего контура.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Рогачевский, Н. И.** Расшифровка геликоидных частей боковых поверхностей эвольвентных зубьев в общем виде / Н. И. Рогачевский // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев, 2019. – С. 104–105.

УДК 621.78

ЗАВИСИМОСТЬ ПРЕДЕЛА ВЫНОСЛИВОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ ЗУБЬЕВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА

С. П. РУДЕНКО

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси
Минск, Беларусь

Разработка новых экономнолегированных сталей требует обоснованного определения пределов выносливости с учетом современных условий металлургического производства. Большая трудоемкость экспериментальных работ по исследованию характеристик сопротивления усталости зубчатых колес актуализирует расчетные методы исследований, основанные на накопленных результатах экспериментальных исследований зависимостей между механическими свойствами и характеристиками сопротивления усталости.

В докладе представлена методика определения пределов выносливости при изгибе зуба зубчатых колес, подвергнутых химико-термической обработке (ХТО), с учетом совместного влияния свойств диффузионного упрочненного слоя и сердцевины, основанная на результатах экспериментальных исследований механических характеристик, остаточных напряжений и натурных испытаний зубчатых колес.

Результаты многочисленных исследований зависимости предела выносливости от механических свойств материала свидетельствуют о существовании линейной зависимости между пределом выносливости при изгибе σ_{-1} и временным сопротивлением σ_B при растяжении. Значительное влияние на сопротивление усталости оказывают остаточные напряжения [1], которые формируются в диффузионном упрочненном слое и сердцевине в процессе ХТО, а также направление волокон металла и масштабный фактор.

В качестве базовой марки стали выбрана сталь 20Х2Н4А, для которой получены механические характеристики при статистической обработке 60 плавок [2]: $\sigma_B = 1469$ МПа, $\sigma_T = 1309$ МПа, $\psi = 56,4$ %.

По значениям предела прочности и относительного сужения определяли среднее значение предела выносливости при продольном расположении волокон, соответствующее симметричному циклу нагружения:

$$\sigma_{-1}^{\text{пр}} = 0,25 S_K + 43 = 0,25 \sigma_B (1 + 1,35 \psi) + 43 = 690 \text{ МПа.}$$

Значения предела выносливости при поперечном расположении волокон [2]:

$$\sigma_{-1}^{\text{поп}} = \sigma_{-1}^{\text{пр}} [0,82 - 0,18 \cdot 10^{-3} (\sigma_{-1}^{\text{пр}} - 500)] = 542 \text{ МПа.}$$

В зубчатых колесах, изготавливаемых из кованных или штампованных заготовок, при формировании зубьев обработкой резанием наиболее вероятно усредненное направление волокон. В этом случае

$$\sigma_{-1}^{cp} = \frac{\sqrt{2} \cdot \sigma_{-1}^{np} \cdot \sigma_{-1}^{поп}}{\sqrt{\sigma_{-1}^{np2} + \sigma_{-1}^{поп2}}} = 603 \text{ МПа.}$$

При пульсационном (отнулевом) нагружении

$$\sigma_{Fзак} = 1,3 \sigma_{-1}^{cp} = 1,3 \cdot 603 = 784 \text{ МПа.}$$

Предел выносливости при изгибе зуба поверхностно-упрочненных зубчатых колес после ХТО определяли с учетом остаточных напряжений:

$$\sigma_{Flim} = (\sigma_{Fзак} - 0,2 \cdot \sigma_{ост}) \cdot K_d,$$

где K_d – масштабный фактор, $K_d = 1,03 - 0,008m$.

Величины остаточных напряжений определяли по результатам рентгеноструктурных исследований испытанных зубчатых колес с модулем 7 мм. Получено, что для зубчатых колес партии № 3 величина сжимающих напряжений у поверхности 300 МПа, тогда как для деталей партии № 1 сжимающие напряжения у поверхности равны 1000 МПа и не уменьшаются ниже 600 МПа даже на глубине 0,8...1,2 мм. Для зубчатых колес партии № 2 сжимающие напряжения имеют величину 600 МПа на глубине до 0,25 мм, а затем они резко уменьшаются и переходят в растягивающие на глубине примерно 0,6 мм. Результаты расчета предела выносливости зубчатых колес из стали 20X2H4A приведены в табл. 1.

Табл. 1. Предел выносливости зубчатых колес из стали 20X2H4A после ХТО

Номер партии	Предел выносливости после закалки, МПа	Величина остаточных напряжений, МПа	Предел выносливости после ХТО, МПа
1	784	-1000	954
2	784	-600	877
3	784	-300	819

Полученная расчетная величина предела выносливости зубчатых колес из стали 20X2H4A (партия № 1) $\sigma_{Flim} = 954$ МПа хорошо согласуется с экспериментальными данными [3] и данными ГОСТ 21354–87.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Зигварт, Г.** Влияние остаточных напряжений на предел выносливости / Г. Зигварт // Усталость металлов. – Москва: Изд-во иностранной литературы, 1961. – С. 27–30.
2. **Александров, Б. И.** Прочностные характеристики цементуемых сталей, применяемых для зубчатых колес грузовых автомобилей / Б. И. Александров, Н. К. Крумина // Автомобильная промышленность. – 1978. – № 9. – С. 33–34.
3. **Руденко, С. П.** Контактная усталость зубчатых колес трансмиссий энергонасыщенных машин / С. П. Руденко, А. Л. Валько. – Минск: Беларуская навука, 2014. – 126 с.

УДК 621.83

РАЗРАБОТКА УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ ПЛАНЕТАРНОЙ ПЕРЕДАЧИ

К. В. САСКОВЕЦ, А. В. КАПИТОНОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В планетарных радиально-плунжерных передачах большое влияние на эксплуатационные характеристики оказывает точность изготовления. Неточности элементов передачи приводят к возникновению заклинивания в зацеплении. В компьютерных моделях данное явление обусловлено наличием интерференции элементов и возникновением увеличенных контактных напряжений между короной и сателлитом. Для компенсации погрешностей изготовления, а также напряжений, превышающих номинальные, разработана конструкция планетарной передачи, имеющая демпфирующий элемент (рис. 1).

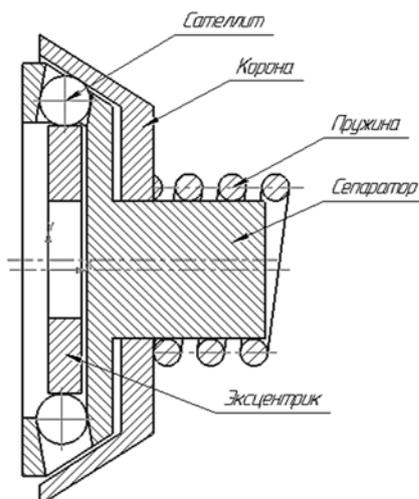


Рис. 1. Конструкция планетарной радиально-плунжерной передачи с демпфирующим элементом

Конструкция передачи включает корону, имеющую наклонную поверхность, сателлиты, пружину, представляющую собой демпфирующий элемент, сепаратор, эксцентрик.

Методами компьютерного моделирования получены графики угловых скоростей выходного вала передачи с исходной и измененной конструкцией (рис. 2 и 3).

Из графиков (см. рис. 2 и 3) видно, что размах колебаний угловой скорости выходного вала передачи с измененной конструкцией уменьшился. Наличие демпфирующего элемента, влияющего на детали

зацепления, улучшает выходные характеристики, регулирует превышение передаваемых крутящих моментов, уменьшает влияние погрешностей изготовления, при этом влияние деформаций снижается, повышается плавность работы передачи.

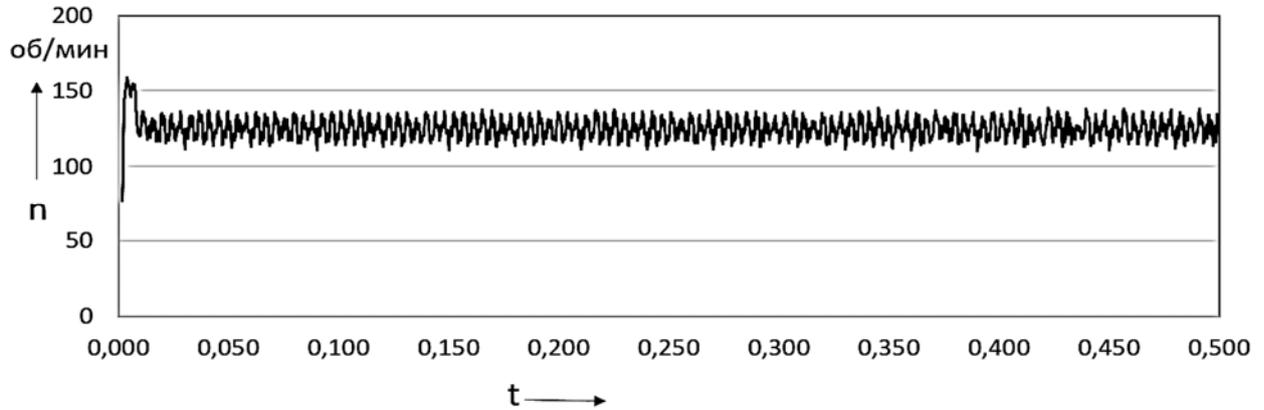


Рис. 2. График угловой скорости исходной конструкции планетарной радиально-плунжерной передачи

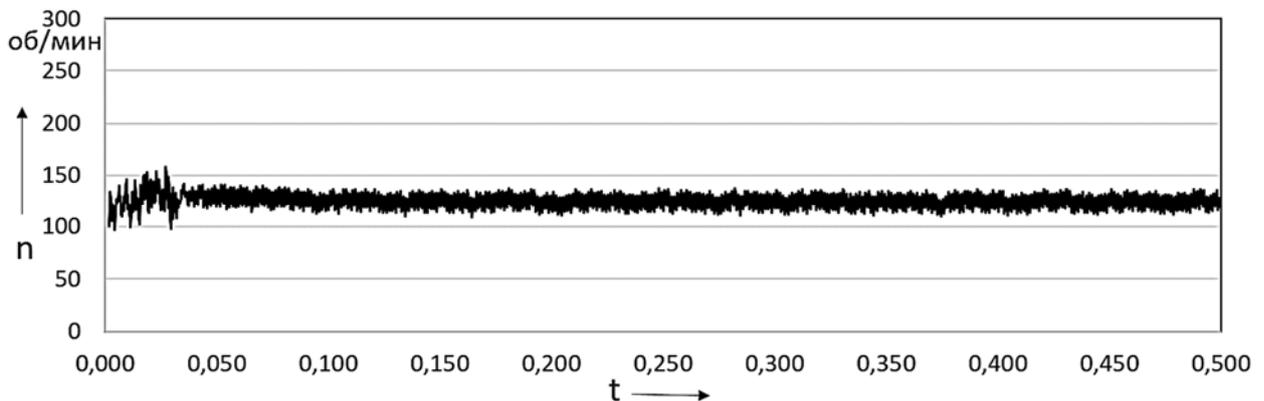


Рис. 3. График угловой скорости измененной конструкции планетарной радиально-плунжерной передачи

Таким образом, разработанная конструкция планетарной радиально-плунжерной передачи позволяет уменьшить влияние погрешностей изготовления на ее кинематические характеристики и повысить плавность работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Сасковец, К. В.** Новые конструкции и методы оценки точности планетарных радиально-плунжерных передач / К. В. Сасковец, А. В. Капитонов, М. В. Лебедев // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – 2019. – № 1 (76). – С. 3–9.

УДК 621.9

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ КОЛЬЦА СТОПОРНОГО В САД-СИСТЕМЕ КОМПАС-3D

П. В. СТЕПАНОВИЧ, А. Н. ЖИГАЛОВ

Барановичский государственный университет
Барановичи, Беларусь

Введение. Номенклатура установок и оборудования для бурения нефтяных скважин достаточно велика. Отличие их заключается в геометрии конструкции, климатических исполнениях, технических характеристиках. Одним из элементов буровых установок, участвующих непосредственно в бурении скважин, является буровой крюк. На рис. 1 представлен общий вид крюкоблока модели ТКБ-6-600.

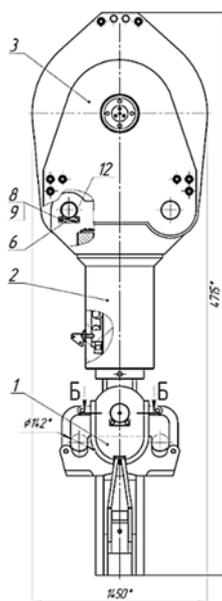


Рис. 1. Общий вид крюкоблока ТКБ-6-600

Предварительный анализ позволил выдвинуть гипотезу о том, что добавление в конструкцию пружинной подвески такого узла, как гидроамортизатор, позволит довольно эффективно решить проблему повышения надежности узла. К слабым местам данного решения может быть отнесено то, что соединение штока и клапана осуществляется стопорным кольцом, места посадки на клапане и штоке, а также само стопорное кольцо будут испытывать большие нагрузки и, следовательно, будут иметь недостаточную прочность [1].

Основная часть. Было решено выполнить статический анализ кольца стопорного в САД-системе КОМПАС-3D, в приложении АРМ FEL. Приложение АРМ FEL предназначено для выполнения экспресс-расчетов твердотельных объектов в системе КОМПАС-3D и визуализации результатов

этих расчетов [2]. Из начальных условий известно, что нагрузка, действующая на стопорное кольцо, равна 294,048 кН или 30 000 кг, конструкцию и размеры кольца, а также канавок для него принимали по ГОСТ 13940–86. Материал кольца – сталь 65Г. Проектный расчет позволил определить диаметры мест крепления и необходимый материал. После всех проделанных необходимых действий в приложении APM FEL был получен результат, представленный на рис. 2. Коэффициент запаса по текучести равен 1,656079, норма коэффициента запаса по текучести находится в границах от 1,3 до 1,7 [3].

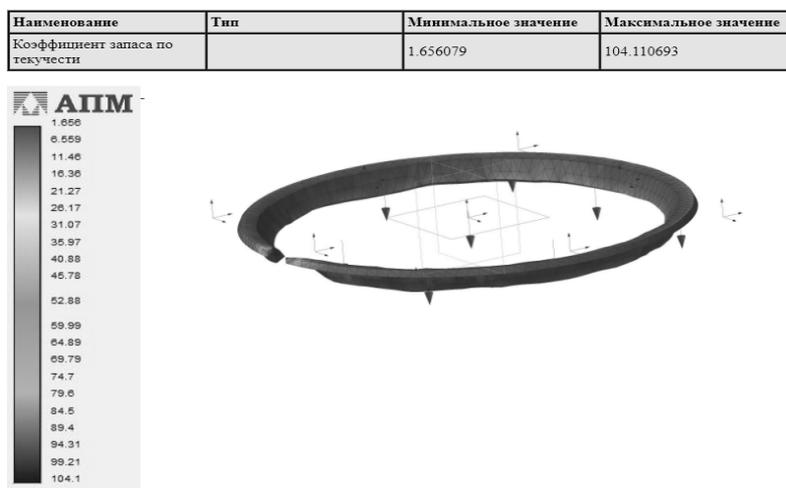


Рис. 2. Результаты анализа APM FEL

Заключение. Для проверки адекватности проведенных расчетов принято решение сравнить полученные результаты при помощи APM FEL с результатами расчетно-аналитического метода, а также провести экспериментальные испытания. Затем на основании полученных экспериментальных результатов установить уровень погрешности исследований посредством APM FEL и расчетно-аналитического метода, внести коррективы в методы исследования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Степанович, П. В.** Обоснование цели и задач, связанных с разработкой и исследованием клапана гидравлического для повышения надежности нефтедобывающего оборудования / П. В. Степанович, К. С. Винничек // Техника и технологии: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф., Барановичи, 19 дек. 2019 г. – Барановичи: БарГУ, 2019.

2. Система прочностного анализа для КОМПАС-3D v18 [Электронный ресурс] // АСКОН. – Режим доступа: <https://ascon.ru/products/1114/review/>. – Дата доступа: 12.02.2020.

3. **Сапунов, В. Т.** Классический курс сопротивления материалов в решениях задач: учебное пособие / В. Т. Сапунов. – Москва: Либроком, 2019. – 154 с.

УДК 621.839
 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ И РЕГУЛИРОВОЧНОГО ПАРАМЕТРА
 МЕХАНИЗМА САМОЗАТЯГИВАНИЯ ФРИКЦИОННОГО РЕДУКТОРА

Н. В. ТУРКО, Н. И. РОГАЧЕВСКИЙ
 Белорусско-Российский университет
 Могилёв, Беларусь

В работе [1] исследованы шариковые планетарно-фрикционные редукторы, собранные из стандартных радиальных или радиально-упорных подшипников. Установлены недостатки таких редукторов: низкий КПД и повышенный износ фрикционных пар. С целью устранения недостатков нами разработан редуктор с незамкнутым шариковым механизмом самозатягивания. Определению действующих сил и регулировочного параметра в механизме самозатягивания планетарного фрикционного редуктора посвящена настоящая работа.

В дальнейшем фрикционный редуктор с незамкнутыми между собой планетарно-фрикционными рядами будем называть фрикционным многоступенчатым модулем, так как передаточное отношение его можно изменять путем отсоединения или добавления планетарно-фрикционных рядов (подшипников).

Момент на внутреннем кольце тихоходного планетарного ряда (подшипника, сепаратор которого вращает тихоходный вал модуля)

$$T_{T1} = F_u \cdot f_k \cdot d_1 / K,$$

где f_k – коэффициент трения шариков по кольцам, $f_k = 0,04 \dots 0,05$; K – коэффициент запаса сцепления, $K = 1,5$.

Момент на внутреннем кольце быстроходного планетарного ряда (подшипника, во внутреннее кольцо которого вмонтирован входной вал модуля)

$$T_{B1} = T_{T1} / (i_p \cdot \eta_p)^{n-1},$$

где η_p – КПД планетарного ряда (подшипника), $\eta_p = 0,93$.

Момент на выходном валу модуля (на сепараторе тихоходного планетарного ряда)

$$T_{T3} = T_{T1} \cdot i_p \cdot \eta_p.$$

Сила F_a механизма самозатягивания передается на внутреннее и наружное кольца шарикоподшипников и уравнивается осевыми составляющими нормальных сил F_u прижатия шариков к кольцам:

$$F_a = F_u \cdot z \cdot \sin \alpha. \quad (1)$$

Сила F_a создается сопряжением шариков механизма самозатягивания с кромками соответствующих отверстий во фланце входного вала, оси которых удалены от оси подшипников на расстояние r_c . В сопряжениях действует окружная сила

$$F_t = T_{Б1} / r_c,$$

которая вызывает в них F_a .

$$F_a = F_t \cdot \operatorname{tg} \beta. \quad (2)$$

Решая совместно равенства уравнения (1) и (2), определяем угол наклона реакции F_n в указанных сопряжениях к торцевой плоскости модуля

$$\beta = \operatorname{arctg} [(F_{т1} \cdot z \cdot \sin \alpha) / F_t].$$

Для установки реакции F_n под конкретным углом β механизм самозатягивания необходимо регулировать. Регулировочные винты необходимо зажать до упора шарика в отверстия фланца вала. Затем, зная шаг винта, повернуть его на такой угол, чтобы он вывернулся в осевом направлении на величину

$$S = (d_{ш0} \cdot \sin \beta - \sqrt{d_{ш0}^2 - d_0^2}) / 2,$$

где $d_{ш0}$ – диаметр шарика механизма самозатягивания; d_0 – диаметр отверстий во фланце ведущего вала.

Подробно проанализирована работа механизма самозатягивания – основного элемента, определяющего долговечность редуктора, его коэффициент полезного действия. Следует отметить, что правильный расчет и установка угла β имеют большое значение для надежной работы всего шарикового планетарно-фрикционного модуля, так как завышенный β приводит к проскальзыванию шариков в подшипниках и, следовательно, к изменению передаточного отношения и ненормальной работе модуля. Заниженный β приводит к возникновению чрезмерных нормальных сил прижатия шариков к кольцам подшипников, снижению КПД и ресурса модуля.

Предложенная конструкция устройства самозатягивания обеспечивает автоматическое регулирование сил трения во фрикционных парах шариковых подшипников, а значит – максимальную величину КПД.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Турко, Н. В. Планетарный фрикционный редуктор / Н. В. Турко // 55 студен. науч.-техн. конф. Белорус.-Рос. ун-та. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2019. – С. 192.

УДК 621.83
 АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УЗЛОВЫХ ТОЧЕК
 НА ПОВЕРХНОСТИ ЗУБЬЕВ КОЛЕС ПРЕЦЕССИОННОЙ ПЕРЕДАЧИ

С. Н. ХАТЕТОВСКИЙ
 Белорусско-Российский университет
 Могилев, Беларусь

Узловые точки, согласно терминологии проф. Ф. Л. Литвина, – это такие точки контакта на рабочей поверхности зуба колеса, в которых нормаль к указанной поверхности не существует или в которых относительная скорость равна нулю. При этом под относительной скоростью понимается скорость перемещения точечной локализации контакта. В узловых точках условия контакта наихудшие, т. е. происходит повышенный износ.

Применительно к прецессионной передаче разработано три аналитических методики определения узловых точек контакта.

Первая методика основана на составлении и решении уравнений, так называемой дискриминантной кривой. Эта кривая, согласно проф. Ф. Л. Литвину, определяется системой двух уравнений: уравнения зацепления и особого уравнения, связывающего относительную скорость со скоростью скольжения.

Вторая методика основана на известной в теории зубчатых зацеплений теореме: при однопараметрическом огибании узловыми становятся такие точки, в которых нормаль к поверхности зацепления перпендикулярна или скорости переносного движения огибающей, или скорости переносного движения огибаемой поверхности.

Третья методика основана на факте появления экстремумов радиуса поверхности зацепления относительно оси вращения какого-либо из сопряженных колес.

Применительно к прецессионной передаче указанные экстремумы появляются на контактной поверхности зуба сателлита, если имеет решение следующее уравнение:

$$r_{0x} \cdot \frac{\partial r_{0x}}{\partial \varphi_1} + r_{0y} \cdot \frac{\partial r_{0y}}{\partial \varphi_1} = 0,$$

где r_{0x} , r_{0y} – координаты точки поверхности зацепления при условии, что ось z – это ось вращения сателлита; φ_1 – угол поворота центрального колеса, сопряженного с сателлитом.

Последняя методика позволяет не рассчитывать нормали к поверхности зацепления, а также скорости переносного движения.

УДК 621.83

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ ВТОРОГО РОДА В ЗАЦЕПЛЕНИИ КОЛЕС ПРЕЦЕССИОННОЙ ПЕРЕДАЧИ

С. Н. ХАТЕТОВСКИЙ, М. А. ГАЛЮЖИН

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Интерференция второго рода во внутреннем зацеплении колес зубчатой передачи, как правило, возникает при малой разнице между количеством зубьев колеса и шестерни.

При этой интерференции в контакте, не подчиняющемся уравнению контакта, оказываются некоторые обыкновенные точки рабочих поверхностей зубьев с отличной от нуля скоростью относительного движения.

Контакт поверхностей зубьев колес при интерференции второго рода может быть различным по характеру. В одном случае в контакт с рабочей поверхностью зуба шестерни входит кромка зуба колеса, во втором случае – рабочая поверхность зуба колеса.

В первом случае интерференция второго рода исключается смещением поверхности выступов колеса от его оси и (или) уменьшением диаметральных размеров шестерни.

Во втором случае интерференция второго рода исключается также образованием новой поверхности контакта на зубе шестерни.

В прецессионной передаче, колесо которой имеет зубья в виде цилиндрических роликов с осями, параллельными оси вращения, также в ряде случаев наблюдается интерференция второго рода.

Для прогнозирования этой интерференции разработана аналитическая методика.

Данная методика заключается в нахождении траектории движения рабочей точки зуба шестерни относительно рабочей поверхности зуба колеса после их контакта, подчиняющегося уравнению контакта. В случае пересечения указанной траектории с поверхностью зуба колеса отмечается интерференция второго рода на диаметре рассматриваемой точки шестерни.

Разработанная методика включает решение одного или двух уравнений (в зависимости от способа решения) и реализована в среде математического программного пакета Mathcad.

Ввиду того, что уравнения трансцендентные, используются численные методы их решения. Процедура поиска интерферирующих точек распространяется на ряд сечений рабочей поверхности зуба сателлита.

УДК 539.216.2:621.793.7
ЗАВИСИМОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МОРФОЛОГИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ НАНОСЛОЁВ ЗОЛОТА ОТ РЕЖИМОВ ПОЛУЧЕНИЯ

Е. Н. ГАЛЕНКО¹, С. А. ШАРКО²

¹Мозырский государственный педагогический
университет имени И. П. Шамякина
Мозырь, Беларусь

²Научно-практический центр по материаловедению
Минск, Беларусь

Тонкие слои золота толщиной в несколько нанометров являются перспективными материалами в микроэлектронике. Они обладают высокой химической инертностью и коррозионной стойкостью, а также характеризуются высокими значениями электропроводности и оптической прозрачности [1].

Для получения тонких слоёв металла высокого качества весьма выгодным оказывается метод ионно-лучевого распыления. Однако при формировании наноразмерных слоёв инертного металла, такого как золото, на химически инертные подложки существует проблема, заключающаяся в низкой адгезии.

Для решения данной проблемы была реализована методика ионно-лучевого напыления с дополнительной операцией напыления / распыления. Сначала наносился слой металла около 1...2 нм в течение 60 с, предшествующий напылению основного слоя. Затем этот слой удалялся ионами кислорода до исчезновения металлической проводимости. Плотность тока распыляющего пучка при этом составляла 0,1...0,15 мА/см², а энергия ионов менее 300 эВ.

В работе представлены результаты исследования электрических и морфологических характеристик слоёв золота толщиной до 40 нм, полученных методом ионно-лучевого напыления на кремнии.

Для получения образцов использовалось два режима: напыление с непрерывным вращением подложки и аналогичное напыление с предшествующей дополнительной операцией напыления / распыления.

Электрическая проводимость определялась классическим линейным четырёхзондовым методом.

Морфология поверхности образцов исследовалась на сканирующем зондовом микроскопе NanoEducator методом атомно-силовой микроскопии (АСМ). С помощью программного комплекса MTM Surface Explorer были получены значения шероховатости поверхности.

На рис. 1 представлен график зависимости удельной проводимости от толщины плёнок, из которого видно, что проводимость увеличивается с толщиной.

Было проведено сравнение результатов измерения проводимости и шероховатости поверхности двух образцов, полученных в разных

режимах за одинаковое время.

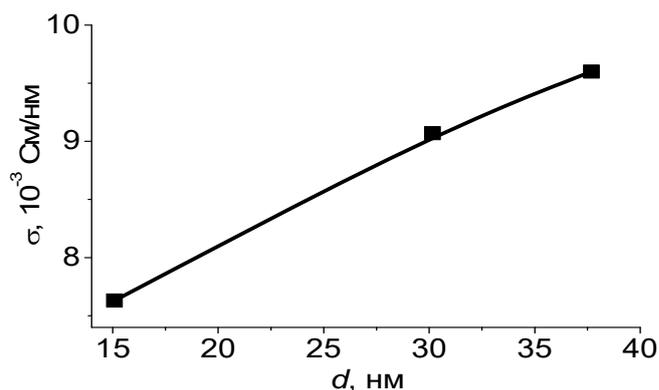


Рис. 1. Зависимость удельной электропроводности σ от толщины d слоя золота

Образец, полученный напылением с применением дополнительной операции напыления / распыления, показал более высокие значения проводимости и более низкие показатели шероховатости. Дополнительная операция напыления / распыления повысила проводимость с $7,70 \cdot 10^{-3}$ до $9,07 \cdot 10^{-3}$ См/нм. Параметры среднеарифметической Ra и среднеквадратической Rz шероховатости поверхности снизились соответственно с $Ra = 0,6$ нм и $Rz = 0,8$ нм до $Ra = 0,3$ нм, $Rz = 0,4$ нм.

Причина улучшения качества полученного слоя в том, что дополнительная операция перенапыления улучшает адгезию и структуру плёнок. При осаждении первоначального слоя поток распыленных атомов характеризуется распределением по энергиям. В распыленном веществе содержится до 10 % высокоэнергетических атомов, имеющих энергию на порядок превосходящую энергию связи большинства известных материалов. Эти атомы проникают на глубину до пяти постоянных решётки и становятся точечными дефектами кристаллической структуры. Данные дефекты по причине повышенной энергии оттягивают на себя атомы слоя, который будет осаждаться далее, повышая адгезию. Окончательно осаждаемый поток аналогично содержит высокоэнергетические атомы, которые при попадании на поверхность дополнительно увеличивают концентрацию центров зародышеобразования [1].

Таким образом, дополнительная операция напыления / распыления улучшает качество структуры за счёт повышения концентрации центров зародышеобразования. При этом повышается проводимость и снижается шероховатость поверхности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Получение методом ионно-лучевого распыления кислородом и оптические свойства ультратонких пленок золота / А. И. Стогний, Н. Н. Новицкий, С. Д. Тушина, С. В. Калинин // Журнал технической физики. – 2003. – Т. 73, № 6. – С. 86–89.

УДК 621.365.5
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИХРЕВЫХ ТОКОВ ПРИ ГЕРМЕТИЗАЦИИ
СВЧ-МИКРОБЛОКОВ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ПАЙКОЙ

Ю. Н. ГРИЩЕНКО, В. Л. ЛАНИН, В. Р. ГОРБАЧ
Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Перспективным направлением в технологии производства изделий электроники является применение высокочастотной пайки для герметизации металлостеклянных и металлокерамических корпусов БИС- и СВЧ-микроблоков. Воздействие энергии электромагнитных колебаний высокой частоты (ВЧ) позволяет осуществлять высокопроизводительный бесконтактный нагрев деталей и припоя с помощью наведённых в них вихревых токов, активировать припой и улучшить его растекание по паяемым поверхностям [1].

Особенностью индукционного ввода ВЧ энергии является возможность регулирования пространственного расположения зоны протекания вихревых токов. Во-первых, вихревые токи протекают в пределах площади, охватываемой индуктором. Нагревается только та часть тела, которая находится в магнитной связи с индуктором независимо от общих размеров тела. Во-вторых, глубина зоны циркуляции вихревых токов и, следовательно, зоны выделения энергии зависит, кроме других факторов, от частоты тока индуктора (увеличивается при низких частотах и уменьшается с повышением частоты).

Моделирование распределения плотности вихревых токов в деталях корпуса проводилось в пакете ELCUT 6.3. Для моделирования построены две геометрические модели устройства индукционного нагрева с использованием ферритового магнитопровода и без него. Моделирование проводилось на частоте 2 МГц при токе в индукторе 10 А. Модели распределения плотности вихревых токов для двух случаев нагрева представлены на рис. 1.

Моделирование процесса индукционного нагрева показало наличие неравномерности распределения плотности вихревых токов в деталях корпуса. Максимальная по модулю плотность токов (до $1,8 \cdot 10^6$ А/м² – без магнитопровода и $3,1 \cdot 10^6$ А/м² – с магнитопроводом) отмечена на поверхности корпуса и крышки и уменьшается до близкого к нулю значению вглубь деталей. На рис. 2 показаны зависимости распространения плотности вихревого тока в зоне пайки корпуса и крышки по глубине проникновения. Корпус микроблока, расположенный на расстоянии 1...2 мм от индуктора, нагревается сильнее, чем крышка и припой в зазоре между корпусом и крышкой.

При использовании полузамкнутого магнитопровода из феррита плотности вихревых токов в корпусе и крышки выравниваются, а максимальное

значение плотности тока на поверхности в припое в 1,7 раза выше, чем без магнитопровода. Так же увеличивается и глубина проникновения вихревых токов в припой в 1,2...1,3 раза. Это связано с тем, что магнитопровод концентрирует магнитный поток в зоне пайки, сокращая тем самым время нагрева.

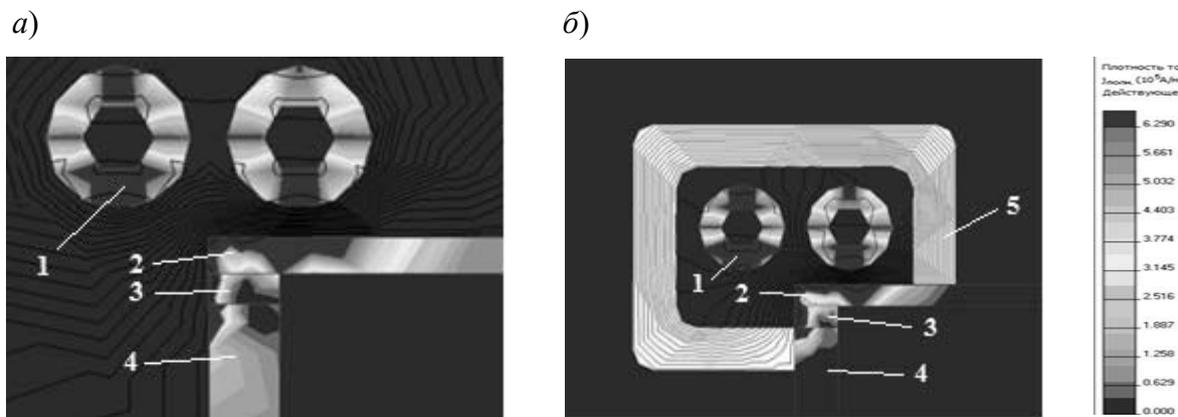


Рис. 1. Распределение плотности вихревых токов в зоне пайки: *а* – без магнитопровода; *б* – с магнитопроводом; 1 – индуктор; 2 – крышка; 3 – припой; 4 – корпус, 5 – магнитопровод

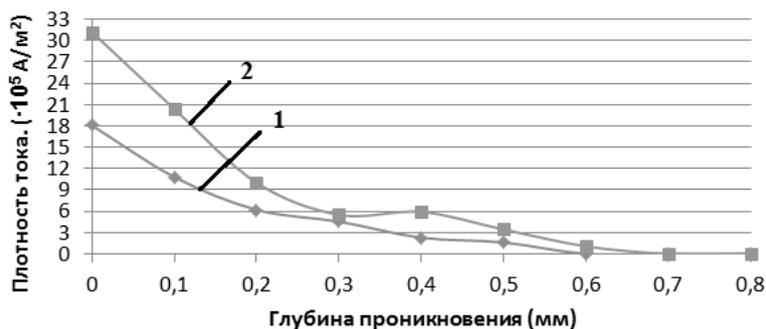


Рис. 2. Распределение плотности тока в припое: 1 – без магнитопровода; 2 – с магнитопроводом

Таким образом, сделан вывод, что наиболее оптимальным методом ВЧ-пайки является применение двухвиткового индуктора с полузамкнутым магнитопроводом. Это позволяет осуществить не только высокопроизводительный бесконтактный нагрев деталей с помощью наведенных в них вихревых ВЧ-токов, но и активировать припой и улучшить его растекание по паяемым поверхностям.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ланин, В. Л. Формирование токопроводящих контактных соединений в изделиях электроники / В. Л. Ланин, А. П. Достанко, Е. В. Телеш. – Минск: БГУ, 2007. – 574 с.

УДК 621.83
 ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ
 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО РЕДУКТОРА ЭКСЦЕНТРИКОВОГО ТИПА

П. Н. ГРОМЫКО¹, Д. И. ЯКУБОВИЧ¹, В. П. ГРУША²

¹Белорусско-Российский университет

²Институт технологии металлов НАН Беларуси
 Могилев, Беларусь

Основное преимущество редукторов эксцентрикового типа – это возможность трансформировать вращение с большими значениями коэффициента редуцирования при относительно малых габаритных размерах. В процессе изготовления редуктора снижение себестоимости может быть достигнуто за счет применения прогрессивных технологий.

При проектировании эксцентрикового редуктора было предложено заменить стальную сварную конструкцию корпуса на литую из чугуна.

Проектирование и моделирование режимов работы технологической оснастки для литья корпуса в комбинированный кокиль (рис. 1) осуществлялось с использованием программного продукта для инженерного анализа SolidWorks, что позволило сократить сроки и затраты на подготовку производства. Элементы стержневого ящика изготавливали на 3D-принтере VshaperPro+, а затем соединяли воедино за счет специально разработанной конструкции замков. Такое решение обеспечивает удобство в работе и обслуживании.

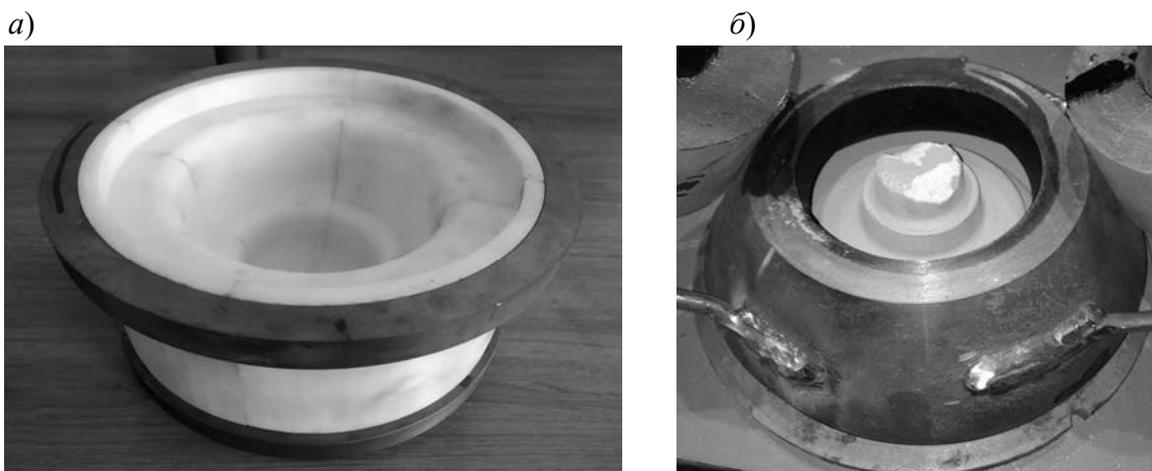


Рис. 1. Технологическая оснастка для литья: *а* – стержневой ящик; *б* –комбинированный кокиль

Разработаны технологии литья и термообработки отливок за счет их первичного тепла, обеспечивающие отсутствие свободного цементита в структуре (твердость в диапазоне 190...210 НВ) и хорошую обрабаты-

ваемость на высокопроизводительном металлообрабатывающем оборудовании с числовым программным обеспечением.

С использованием отливки корпуса (рис. 2), полученной по вышеописанной технологии, был изготовлен инновационный эксцентриковый редуктор. Отличительной особенностью которого является использование специальных профилей зубьев, обеспечивающих самоустановку зубчатого венца сателлита относительно контактирующего с ним зубчатого венца центрального колеса [1].



Рис. 2. Отливка корпуса редуктора

Стендовые испытания экспериментального образца эксцентрикового редуктора с самоустанавливающимися зубьями показали, что его эксплуатационные показатели находятся на уровне лучших мировых аналогов даже при наличии погрешностей изготовления и упругих деформаций звеньев [2].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Громько, П. Н.** Использование удлиненной эпициклоиды для формообразования зубчатых поверхностей передач эксцентрикового типа / П. Н. Громько, С. Н. Хатетовский, В. Л. Юркова // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2019. – № 1. – С. 14–21.

2. **Громько, П. Н.** Минимизация габаритных размеров эксцентриковых передач на основе совершенствования геометрии зацепления контактирующих колес / П. Н. Громько, С. Н. Хатетовский // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. – Минск: ОИМ НАН Беларуси, 2019. – Вып. 8. – С. 67–70.

УДК 621.74.047

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ОТЖИГ ЗАГОТОВОК ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА

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

При литье полых цилиндрических отливок намораживанием без применения стержня в металлическую водоохлаждаемую форму затвердевание происходит при большой интенсивности теплоотвода и, соответственно, высокой скорости затвердевания расплава [1], что способствует образованию структурно свободного цементита (отбела). Для устранения этого явления применяют специальные приемы, создавая условия для самоотжига отливок за счет их первичного тепла. Однако в некоторых случаях распад цементита может происходить не полностью. Это является одной из причин завышенной твердости отливок.

Целью настоящей работы является исследование режимов высокотемпературного отжига для снижения твердости заготовок из низколегированного высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ).

Исследования проводили на образцах, изготовленных из полых цилиндрических отливок диаметром 132 мм с толщиной стенки ~ 30 мм. Структура чугуна (рис. 1) представлена перлитной матрицей П85(Ф15) с равномерно распределёнными ШГр1 включениями графита ШГд45 неправильной формы ШГф4. Твердость материала составляла 265...285 НВ.



Рис. 1. Исходная структура отливок из низколегированного высокопрочного чугуна

Одностадийный графитизирующий отжиг с нагревом образцов и выдержкой их в течение 1 ч при температуре 950 °С с последующим охлаждением на воздухе позволил снизить твердость на 5...10 НВ, что составляет не более 5 %. При этом существенных изменений в структуре не наблюдалось.

Режим высокотемпературного графитизирующего отжига заключался в нагреве образцов в печи до 1000 °С со средней скоростью 143 К/ч.

Затем печь отключали и образцы охлаждали до 200 °С со средней

скоростью 53 К/ч (рис. 2). Из графика видно, что образец в процессе термической обработки находился в диапазоне температур 850...1000 °С в течение 120 мин, из них 53 мин – в период разогрева от 850 до 1000 °С со средней скоростью 2,5 К/мин и 67 мин – в период охлаждения от 1000 до 850 °С со средней скоростью 2,2 К/мин. В области температур эвтектоидного превращения ($T_э \approx 790...770$ °С [2]) образец находился в течение 40 мин.

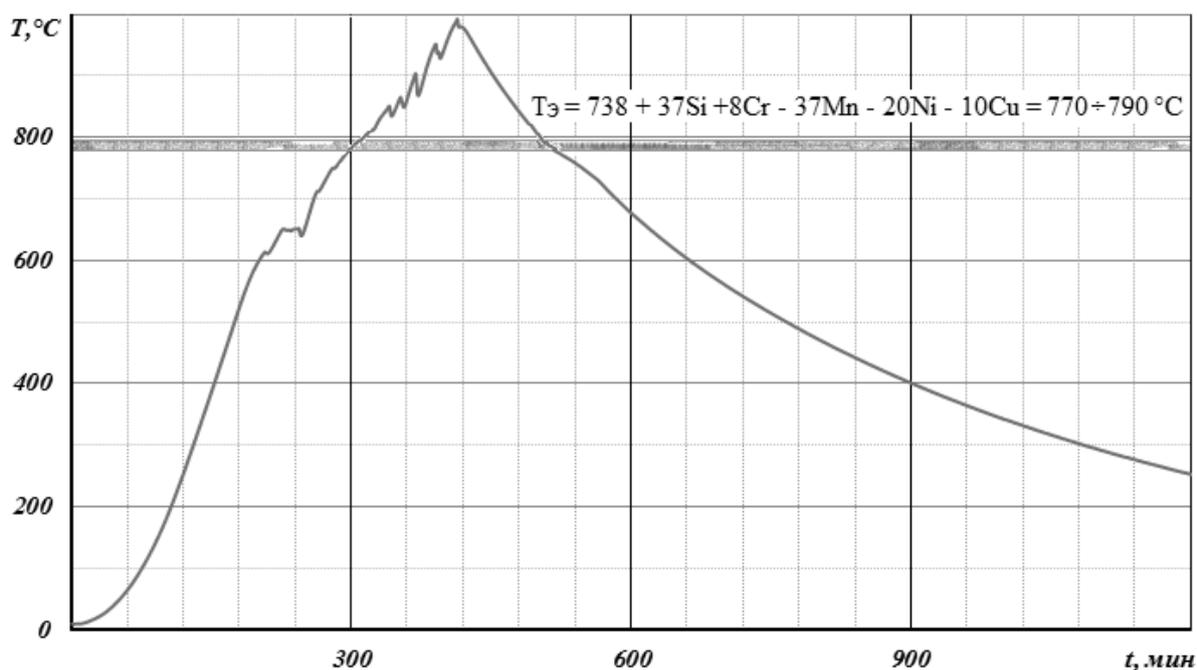


Рис. 2. Изменение температуры образца при высокотемпературном отжиге

Сравнительный анализ твердости по периметру и высоте отливки в литом состоянии и после термообработки по приведенному режиму показал снижение твердости на 35...40 %. Это обусловлено увеличением количества феррита в структуре чугуна.

Установлено, что высокотемпературный отжиг с монотонно изменяющимся температурным режимом (без выдержки при постоянной температуре) можно использовать для снижения завышенной твердости отливок в литом состоянии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Bevza, V. F.** Use of directional solidification for improving tubular workpiece quality of different cast irons / V. F. Bevza, V. P. Grusha, V. A. Krasnyi // Metallurgist. – 2018. – Vol. 62, № 5–6. – P. 521–531.

2. Чугун / Под ред. А. Д. Шермана и А. А. Жукова. – Москва: Металлургия, 1991. – 576 с.

УДК 669.2/8:539.2

СТРУКТУРА, МИКРОТВЁРДОСТЬ ФОЛЬГ
ЭВТЕКТИЧЕСКИХ СПЛАВОВ, ЛЕГИРОВАННЫХ СУРЬМОЙД. А. ЗЕРНИЦА¹, В. Г. ШЕПЕЛЕВИЧ²¹Мозырский государственный педагогический
университет имени И. П. Шамякина

Мозырь, Беларусь

²Белорусский государственный университет
Минск, Беларусь

Сплавы марки ПОЦ, основными компонентами которых являются олово и цинк, активно используются в качестве припоев. Для улучшения их технологических параметров и физических свойств используют дополнительное легирование другими компонентами с небольшой концентрацией, а также получение сплавов современными ресурсосберегающими технологиями, к числу которых относится высокоскоростное затвердевание.

Представлены результаты исследования микротвёрдости быстрозатвердевших фольг сплавов $(\text{Sn-Zn})_{\text{эвт}} - x$ масс. % Sb ($x = 1...4$), изготовленные высокоскоростным затвердеванием капли расплава, инжигированной на внутреннюю полированную поверхность быстровращающегося медного цилиндра. Толщина фольг находится в пределах 30...100 мкм. Для исследования использовались фольги толщиной 40...80 мкм. Измерение микротвёрдости H_{μ} выполнено на приборе ПМТ-3 с использованием нагрузки 20 г. Изохронный отжиг проведён в сушильном шкафу через 30 °С с выдержкой по 20 мин при каждой температуре.

Зависимость микротвёрдости быстрозатвердевших фольг и массивных образцов от концентрации сурьмы в сплаве $(\text{Sn-Zn})_{\text{эвт}} - x$ масс. % Sb ($x = 1...4$) представлены в табл. 1. С увеличением концентрации сурьмы происходит увеличение H_{μ} фольг и массивных образцов.

Табл. 1. Зависимость микротвёрдости фольг и массивных образцов сплавов $(\text{Sn-Zn})_{\text{эвт}} - x$ масс. % Sb от концентрации сурьмы

Образец	Концентрация сурьмы, масс. %				
	0	1	2	3	4
H_{μ} фольг	188	308	370	430	492
H_{μ} массивных образцов	130	264	312	353	388

Более высокие значения микротвёрдости фольг по сравнению с массивными образцами объясняются формированием дисперсной и микро-

кристаллической структурой, а также возможным образованием пересыщенного твёрдого раствора сурьмы в олове и цинке при высокоскоростном затвердевании. Указанные факторы вызывают упрочнение фольг.

Быстрозатвердевшие фольги сплавов $(\text{Sn-Zn})_{\text{эвт}} - x$ масс. % Sb ($x = 1 \dots 4$) находятся в неустойчивом состоянии. Длительные выдержки фольг в течение нескольких часов, содержащих 2 и 4 масс. % Sb, не изменяют микротвёрдость. Однако при изохронном отжиге фольги $(\text{Sn-Zn})_{\text{эвт}} - 4$ масс. % Sb в интервале температур $40 \dots 170$ °C происходит монотонное уменьшение микротвёрдости от 460 до 315 МПа (рис. 1).

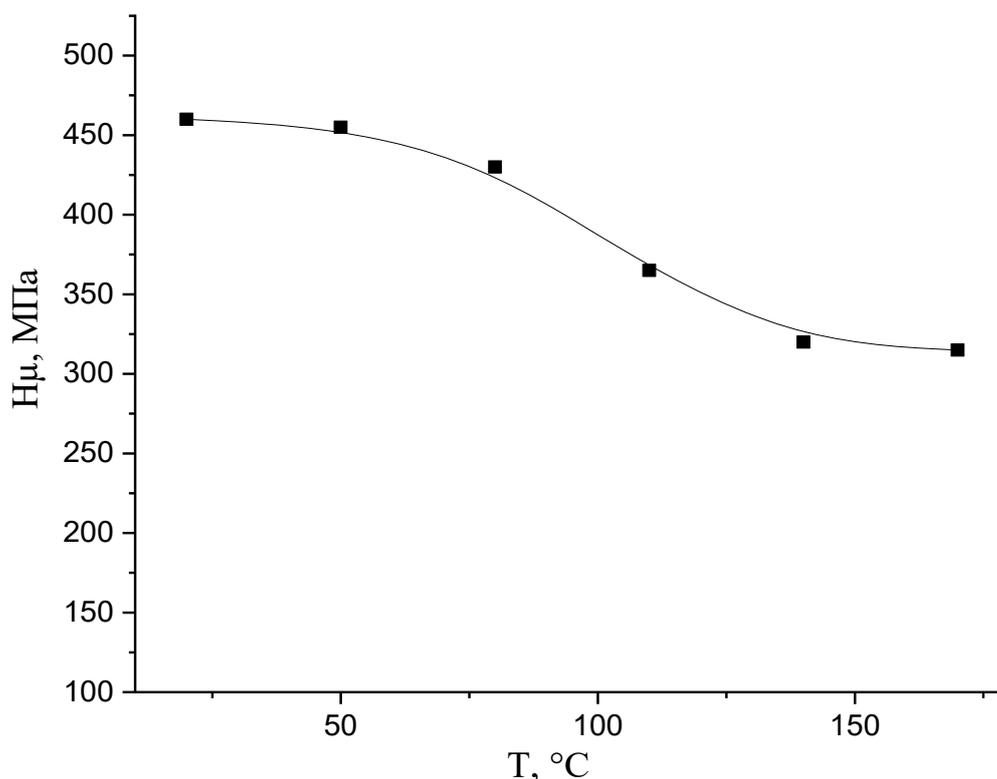


Рис. 1. Изменение микротвёрдости быстрозатвердевшей фольги сплава $(\text{Sn-Zn})_{\text{эвт}} - 4$ масс. % Sb при изохронном отжиге

Аналогичное изменение микротвёрдости при изохронном отжиге наблюдалось в фольге эвтектического состава. Значение энергии активации, определённое методом угловых коэффициентов по изменению микротвёрдости для двух температур, равно 0,75 эВ и совпадает с энергией активации диффузии. В связи с этим уменьшение микротвёрдости связано с процессами, которые контролируются диффузией, распадом пересыщенных твёрдых растворов олова и цинка, миграцией границ фаз и зёрен, уменьшением плотности дислокаций.

УДК 669.2/8:539.2

ТЕКСТУРА БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШИХ ФОЛЬГ СПЛАВОВ
СИСТЕМЫ ОЛОВО–ЦИНК, ЛЕГИРОВАННОЙ
ДОПОЛНИТЕЛЬНО АЛЮМИНИЕМ И СУРЬМОЙ

Д. А. ЗЕРНИЦА¹, В. Г. ШЕПЕЛЕВИЧ²¹Мозырский государственный педагогический
университет имени И. П. Шамякина

Мозырь, Беларусь

²Белорусский государственный университет
Минск, Беларусь

Сплавы на основе системы олово–цинк активно используются в качестве припоев. Для улучшения их технологических параметров и физических свойств используют легирование дополнительными компонентами, применяя для получения сплавов прогрессивные технологии. Важным параметром структуры сплавов является ориентация из зёрен. В связи с этим в работе представлены результаты исследования текстуры быстрозатвердевших фольг эвтектики $(\text{Sn-Zn})_{\text{эвт}}$, дополнительно легированных алюминием и сурьмой.

Быстрозатвердевшие фольги сплавов $(\text{Sn-Zn})_{\text{эвт}} - x$ масс. % Al и $(\text{Sn-Zn})_{\text{эвт}} - x$ масс. % Sb ($x = 1,0 \dots 4,0$) получены сплавлением в кварцевой ампуле, с последующим инжектированием капли расплава на внутреннюю полированную поверхность медного цилиндра. Сплав затвердевал на кристаллизаторе в виде фольги толщиной в несколько десятков микрон. Текстура фольг исследовалась методом обратных полюсных фигур. Полюсные плотности рассчитывались методом Харриса.

Быстрозатвердевшие фольги исследуемых сплавов имеют дисперсную и микрокристаллическую структуру. В табл. 1 и 2 приведены полюсные плотности дифракционных линий олова и цинка для фольг сплавов $(\text{Sn-Zn})_{\text{эвт}} - \text{Al}$ и $(\text{Sn-Zn})_{\text{эвт}} - \text{Sb}$ до и после отжига. Рентгеновское излучение падало на поверхность фольги, контактирующую с кристаллизатором.

Известно, что при высокоскоростной кристаллизации чистых компонентов и твёрдых растворов компонентов с небольшой концентрацией легирующего элемента в фольгах образуется текстура олова (100) и текстура цинка (0001) из-за плотной упаковки соответствующих кристаллографических плоскостей. В эвтектическом сплаве из данных компонентов текстура олова (100) и цинка (0001) сохраняется, но выражена слабее. Сохранение текстур объясняется тем, что происходит разделение выделений отдельных фаз из-за высокой степени переохлаждения расплава.

Дополнительное легирование эвтектики $(\text{Sn-Zn})_{\text{эвт}}$ алюминием и сурьмой, температура плавления которых выше температуры плавления эвтектик, появление дисперсных выделений алюминия и неупорядоченных

частиц цинка (Zn_4Sb_3 , Zn_3Sb_2) приводит к уменьшению переохлаждения расплава, способствует образованию и росту зародышей олова и цинка с другой ориентацией. Влияние этих зародышей в сплаве $(Sn-Zn)_{эвт} - 4 \text{ масс. \% Sb}$ проявляется в изменении текстуры цинка при кристаллизации и при отжиге.

Табл. 1. Полюсные плотности дифракционных линий олова для быстрозатвердевших фольг сплавов до и после отжига

Дифракционные линии Sn	$(Sn-Zn)_{эвт}$	$(Sn-Zn)_{эвт} - 1 \text{ масс. \% Al}$		$(Sn-Zn)_{эвт} - 4 \text{ масс. \% Al}$		$(Sn-Zn)_{эвт} - 2 \text{ масс. \% Sb}$		$(Sn-Zn)_{эвт} - 4 \text{ масс. \% Sb}$	
		исх.	отжиг 110 °C						
200	2,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,1	1,0	2,0	1,9
101	1,7	2,1	2,0	1,3	1,3	1,5	1,5	1,6	1,6
220	0,2	0,3	0,3	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8
211	0,4	0,4	0,5	0,8	0,8	0,9	0,8	0,6	0,6
301	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,7	0,4	0,4
112	0,9	1,2	1,3	1,0	1,0	1,1	1,3	0,6	0,6

Табл. 2. Полюсные плотности дифракционных линий цинка для быстрозатвердевших фольг сплавов до и после отжига

Дифракционные линии Sn	$(Sn-Zn)_{эвт}$	$(Sn-Zn)_{эвт} - 1 \text{ масс. \% Al}$		$(Sn-Zn)_{эвт} - 4 \text{ масс. \% Al}$		$(Sn-Zn)_{эвт} - 2 \text{ масс. \% Sb}$		$(Sn-Zn)_{эвт} - 4 \text{ масс. \% Sb}$	
		исх.	отжиг 110 °C						
0002	2,9	1,2	1,2	1,2	1,3	1,1	1,1	0,0	0,0
10$\bar{1}$0	1,2	1,5	1,3	1,3	1,1	0,9	1,1	0,0	0,0
10$\bar{1}$1	1,0	0,6	0,5	0,7	0,6	0,9	0,8	3,4	7,0
10$\bar{1}$2	0,2	0,9	0,9	1,1	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0
11$\bar{2}$0	0,5	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	1,0	0,0	0,0
11$\bar{2}$2	0,5	1,0	1,0	1,0	0,9	1,1	0,9	3,6	0,0
20$\bar{2}$1	0,7	1,1	1,3	0,9	1,3	1,2	1,1	0,0	0,0

УДК 691.51
ВЛИЯНИЕ МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ НА СВОЙСТВА
КОМПОЗИЦИОННОГО МАГНЕЗИАЛЬНОГО ВЯЖУЩЕГО

В. Н. ЗЫРЯНОВА, Е. В. ЛЫТКИНА, А. П. ОЧУР-ООЛ
Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет (Сибстрин)
Новосибирск, Россия

Дефицит различных видов вяжущих веществ и строительных материалов на их основе, низкий уровень использования природного и техногенного сырья может быть решен в результате более полного вовлечения техногенных материалов в производство композиционных вяжущих веществ.

Научный и практический интерес представляет разработка технологии композиционных магнезиальных вяжущих веществ и производства на их основе строительных материалов и изделий.

Ранние исследования вяжущих свойств MgO, проведенные отечественными и зарубежными учеными, свидетельствуют о том, что свойства магнезиального вяжущего зависят от вида и качества исходного сырья, его дисперсности, условий его получения, а также условий процесса гидратации и твердения.

В производственных условиях свойства каустического магнезита контролируются по изменению удельной плотности (ГОСТ 1216–87).

Зарубежные стандарты магнезиального вяжущего – немецкий DIN 273, американский ASTM 323, европейский EN 14016-1:2004 универсальным показателем качества устанавливают значение насыпной плотности порошка.

В настоящее время разработаны способы получения магнезиального вяжущего строительного назначения на основе техногенного сырья. Для повышения технических характеристик магнезиальных вяжущих веществ использованы два направления.

1. Получение магнезиальных вяжущих веществ путем дисперсного модифицирования. В качестве минеральных наполнителей рассматриваются природные силикаты магния (дунит, диопсид, волластонит, серпентинит).

2. Применение модифицированных затворителей вместо растворов хлорида магния.

С точки зрения использования дисперсного армирования для повышения водостойкости магнезиальных цементов наиболее перспектив-

ными являются природные силикаты, представляющие собой отходы промышленного производства.

Критериями качества, определяющими активность силикатных микронаполнителей, являются высокая химическая стойкость в воде и агрессивных средах, высокая механическая прочность. Эффективность действия микронаполнителей в вяжущей системе определяется близостью их термодинамических характеристик к MgO: удельной энтальпии образования, удельной энтропии, энергии кристаллической решетки.

Механическая активация исходных силикатов в планетарно-центробежных мельницах до удельной поверхности 240...400 м²/кг приводит к значительной аморфизации кристаллических фаз и деструкции их кристаллических решеток, что способствует повышению их активности в процессе гидратационного твердения. Механическая активация серпентина вызывает структурные нарушения в октаэдрическом слое решетки с ослаблением и разрывом связи Mg – OH, нарушением связи Mg – O – Si. Механическая активация диопсида способствует разупорядочению кристаллической структуры с разрывом связей Ca – O – Si, Mg – O – Si. Механическая активация дунита приводит к аморфизации оливина и форстерита и механической деструкции серпентина и брусита.

При введении в вяжущую систему тонкоизмельченные силикаты магния выполняют двойную функцию: как микронаполнители дисперсно армируют и повышают плотность магнезиального камня; как структурообразующие компоненты участвуют в образовании прочных водостойких структур твердения.

В продуктах твердения композиционных магнезиальных вяжущих, содержащих 70 масс. % силикатного компонента, преобладает пента- и триоксигидрохлорид магния, в то время как в магнезиальном вяжущем без силикатов обнаруживается после твердения смесь MgO, Mg(OH)₂, гидроксигидрохлоридов магния. Это обуславливает низкую водостойкость материалов.

Следует отметить, что прочность при сжатии образцов с 70 % дунита, диопсида, волластонита, серпентинита после 28 сут твердения в воздушно-влажной среде была равна 60, 54, 56, 50 МПа соответственно по сравнению с 15...30 МПа образцов без силикатного наполнителя.

Такое существенное улучшение свойств магнезиального камня обусловлено следующим: 50...70 % затвердевшего магнезиального камня составляют водостойкие и химически стойкие природные магнезиальные силикаты; в продуктах твердения вяжущего (остальных 30...50 %) отсутствуют MgO и Mg(OH)₂; в новообразованиях преобладает более устойчивый триоксигидрохлорид магния.

УДК 669.1.054.8; 621.74
 ИЗМЕНЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И ПРОЧНОСТИ
 ЧУГУНА ИЧХ18ВМ В ПРОЦЕССЕ МНОГОКРАТНОЙ ЗАКАЛКИ

В. М. ИЛЬЮШЕНКО, В. А. ПУМПУР, В. М. АНДРИЕНКО

Институт технологии металлов НАН Беларуси
 Могилев, Беларусь

В связи с необходимостью экономии сырьевых ресурсов все большую актуальность приобретают технологии, повышающие механические свойства литых деталей из износостойких белых хромистых чугунов. Поиск путей повышения эксплуатационных характеристик в значительной степени связан с различными методами подготовки расплавов, их легированием, затвердеванием и последующей термической обработкой литых деталей.

Целью исследований являлось изучение влияния термической обработки на износостойкость и предел прочности при изгибе литых экспериментальных образцов из чугуна ИЧХ18ВМ.

Химический состав образцов из исследуемого чугуна представлен в табл. 1.

Табл.1. Химический состав исследуемого чугуна

Марка чугуна	Процентное содержание элементов								
	C	Cr	Ni	Mn	V	Mo	W	Ti	Si
ИЧХ18ВМ	3,45	18,7	0,34	0,348	0,21	0,43	0,34	0,017	0,2

Термическая обработка отлитых образцов заключалась в их многократной закалке – нагреве в печи до температуры 960 °С, выдержке в печи в течение 1 ч и дальнейшем охлаждении на воздухе.

Термически обработанные образцы подвергали испытаниям для изучения их механических свойств и, в частности, удельного часового износа и предела прочности при изгибе.

Для проведения испытаний были отобраны четыре образца, по одному из каждого цикла закалки. Испытания проводились на лабораторной установке по методике, описанной в [1].

Результаты испытаний на износ показали, что уже после трех циклов закалки удельный износ уменьшился более чем на 40 % (рис.1). Применение четвертого цикла закалки не привело к уменьшению износа, поэтому

дальнейшее увеличение количества циклов закалки оказалось нецелесообразным.

Испытания на прочность при изгибе проводили на испытательной машине ИР-5143-200-11, скорость увеличения нагрузки при этом составляла 0,5 мм/мин. Как показали результаты экспериментов, прочность при изгибе от цикла к циклу уменьшается в среднем от 773 до 681 МПа (после третьего цикла), т. е. примерно на 12 %.

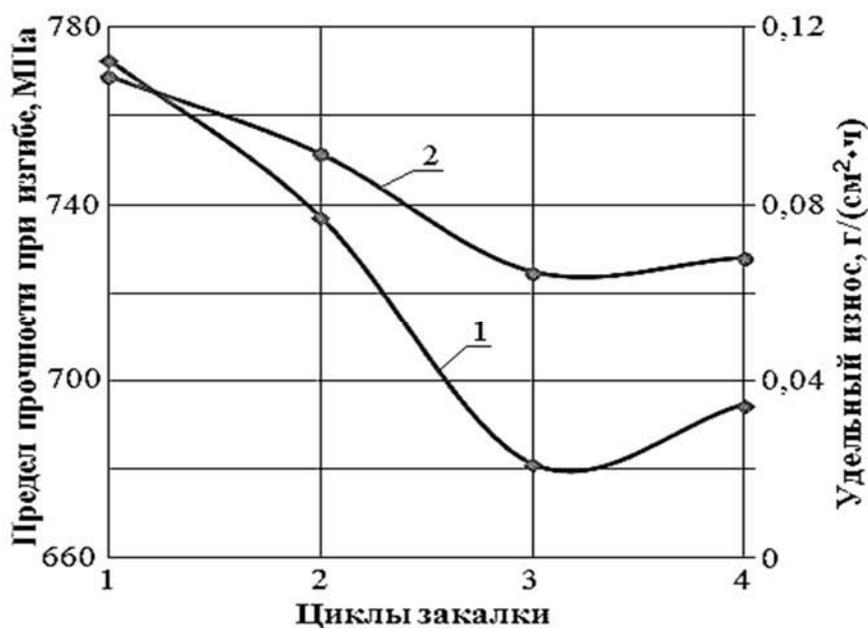


Рис. 1. Зависимость удельного часового износа (1) и предела прочности при изгибе (2) от количества циклов закалки

Таким образом, очевиден вывод, что многократная закалка чугуна ИЧХ18ВМ значительно повышает его износостойкость (более чем на 40 %) и в меньшей степени снижает его предел прочности при изгибе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изучение износостойкости деталей из хромистых чугунов, полученных литьем в кокиль / Е. И. Марукович, В. М. Ильющенко, П. Ю. Дувалов, А. И. Калентионок, К. Э. Барановский // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: материалы X Международ. науч.-техн. конф.: в 3 кн. Кн. 3: Обработка металлов давлением. – Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2015. – С. 52–57.

УДК 621.365 (075.6)
 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЛАЗЕРНОЙ ПРОШИВКИ
 ОТВЕРСТИЙ В КРЕМНИЕВОЙ ПОДЛОЖКЕ
 ПРИ ФОРМИРОВАНИИ 3D-СТРУКТУР

В. Л. ЛАНИН, А. И. ЛАППО, Н. Д. ЧАН
 Белорусский государственный университет информатики
 и радиоэлектроники
 Минск, Беларусь

Электронная промышленность заинтересована в создании устройств малых размеров с высокой степенью интеграции, широким набором функций и доступных по стоимости. Эффективное решение этой задачи возможно с использованием 3D-структур. Основное преимущество этих структур заключается в способности интегрировать большое число микросхем и дискретных электронных компонентов на основе различных технологий в единый корпус. В результате можно получить электронные гетеросистемы с высокой производительностью обработки цифровой информации.

Перспективным направлением реализации 3D-структур является технология TSV (Through Silicon Visas – сквозные отверстия в кремнии). Лазерная прошивка отверстий – один из перспективных методов создания отверстий малых диаметров [1]. При воздействии импульсного лазерного излучения образование отверстия происходит за счет плавления и испарения материала. Для исследования процесса лазерной прошивки отверстий в кремниевой подложке использовался лазерный станок СМА 0604-В-Р (Китай). Характеристика станка приведена в табл. 1.

Табл.1. Характеристика лазерного станка СМА 0604-В-Р

Параметры	Значение
Диаметр луча, мм	0,1
Мощность лазера, Вт	80
Расстояние до поверхности, мм	5,5
Длина волны лазера на СО ₂ , мкм	10,6
Количество импульсов до прожигания отверстия	20...21
Длительность импульса, мс	42...43, пауза – 54
Толщина кремниевой пластины, мкм	300

Конусообразность отверстий определялась по формуле

$$K = \frac{D-d}{h},$$

где D – входной диаметр отверстия, мм; d – выходной диаметр отверстия, мм; h – толщина отверстия, мм.

Внешний вид лазерной головки приведен на рис. 1, а. Время прошивки отверстий определялось с помощью фотодатчика и электронной схемы, изображенной на рис. 1, б.

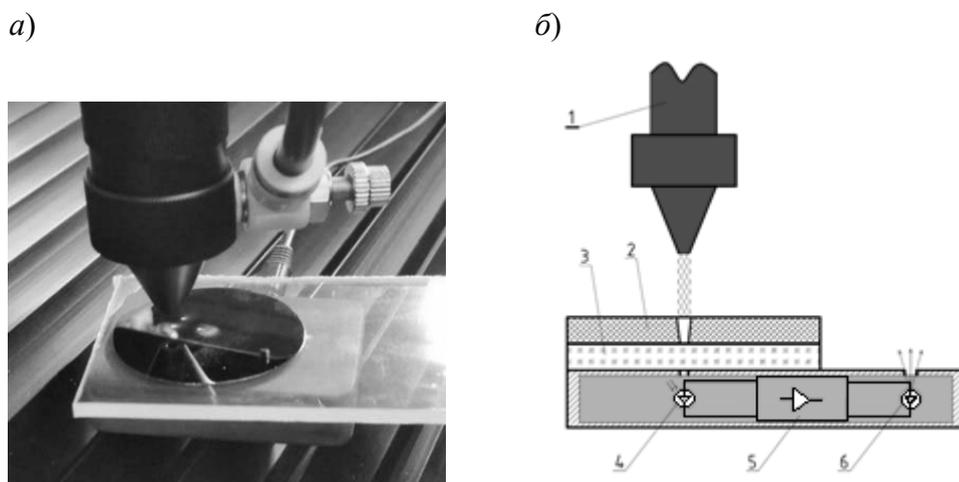


Рис. 1. Лазерная прошивка отверстий: 1 – лазер; 2 – кремниевая подложка; 3 – оргстекло; 4 – фотодиод; 5 – модуль усилителя; 6 – светодиод

Конусообразность отверстий приведена в табл. 2.

Табл. 2. Конусообразность отверстий в кремниевой пластине

Образец	Входной диаметр, мм	Выходной диаметр, мм	Конусообразность
Пластина 300 мкм с подложкой из оргстекла	0,332	0,053	0,91
	0,38	0,075	1,02
	0,447	0,092	1,18
Пластина 300 мкм	0,249	0,126	0,41
	0,38	0,17	0,7
	0,287	0,132	0,5
	0,385	0,161	0,75

Среднее значение конусообразности отверстия при использовании подложки из оргстекла равно 1,04, а без подложки – 0,59. Подложка предохраняет фотодиод от повреждения, но задерживает выброс продуктов испарения.

В целом, лазерная прошивка при длине волны 10,6 мкм неэффективна, потому что значение конусообразности отверстий большое и время прошивки длительное. В этом отношении целесообразно применением твердотельного лазера с длиной волны 1,06 мкм.

УДК 621.762

МОДИФИЦИРОВАНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ
НАНОСТРУКТУРНЫМИ МЕХАНИЧЕСКИ
СПЛАВЛЕННЫМИ ЛИГАТУРАМИ

Ф. Г. ЛОВШЕНКО, И. А. ЛОЗИКОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В современном машиностроении широкое применение находят сплавы на основе алюминия, к достоинствам которых можно отнести низкую плотность, высокую коррозионную стойкость, хороший комплекс физико-механических свойств. К одному из наиболее применяемых способов формирования заготовок и изделий из этих материалов относится литье. Недостатками литейных алюминиевых сплавов, и прежде всего эвтектических, вызванных образованием эвтектики, содержащей кристаллы хрупкого кремния, являются низкие значения пластичности и прочности [1]. Одним из способов устранения их является модифицирование, обеспечивающее измельчение и равномерное распределение эвтектической составляющей.

Целью работы являлось установление эффективности модифицирования сплавов на основе алюминия наноструктурной лигатурой, полученной реакционным механическим легированием.

В качестве основы для модифицирования применялся сплав Al–14 % Si–3 % Cu, который широко используется, в частности, для литья поршней ДВС. Плавильным агрегатом являлась камерная печь мод. SNOL 30/1100 без защитной атмосферы. Плавка осуществлялась в графитовом тигле; температура нагрева расплава перед модифицированием – $800\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}$. Модифицирующая лигатура вводилась в виде мерного прутка $\varnothing 16$ мм из расчета 1 % от массы основы. Время выдержки для растворения модификатора составляло 5 мин. Обработанный сплав заливался в водоохлаждаемый кокиль $\varnothing 60$ мм для получения отливок в виде цилиндров, из которых в дальнейшем вырезались образцы для испытаний и подготовки микрошлифов.

Исследование структуры полученных композиций позволяет сделать вывод о эффективном воздействии модификатора на строение сплава. В необработанном литье эвтектика имеет не устраняемое термической обработкой грубое строение, в которой присутствуют крупные конгломераты с включениями размером 40...50 мкм и более (рис. 1).

Модифицирующая обработка приводит к измельчению эвтектической составляющей. Количество отдельных образований значительно меньше, их величина не превышает 15...20 мкм, и они достаточно равномерно распределены по основе сплава (рис. 2).

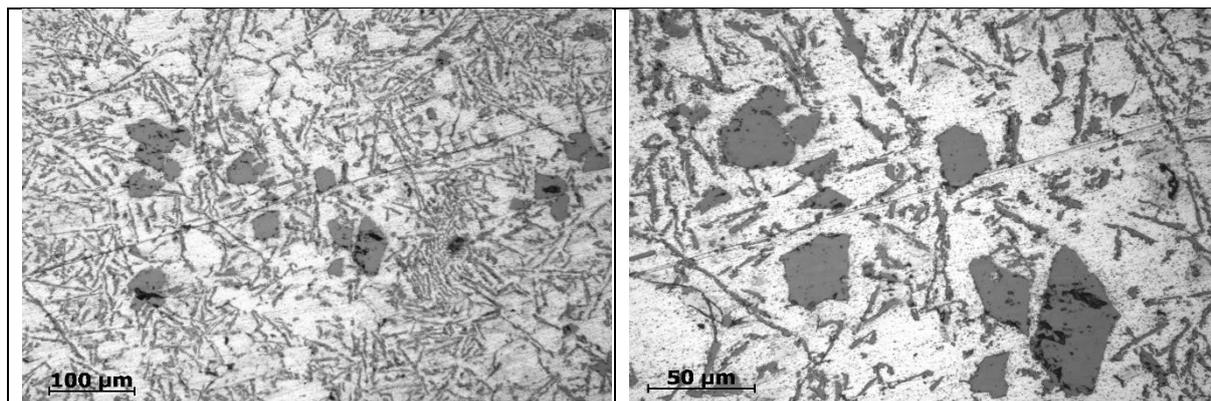


Рис. 1. Структура исходного сплава Al–14 % Si–3 % Cu

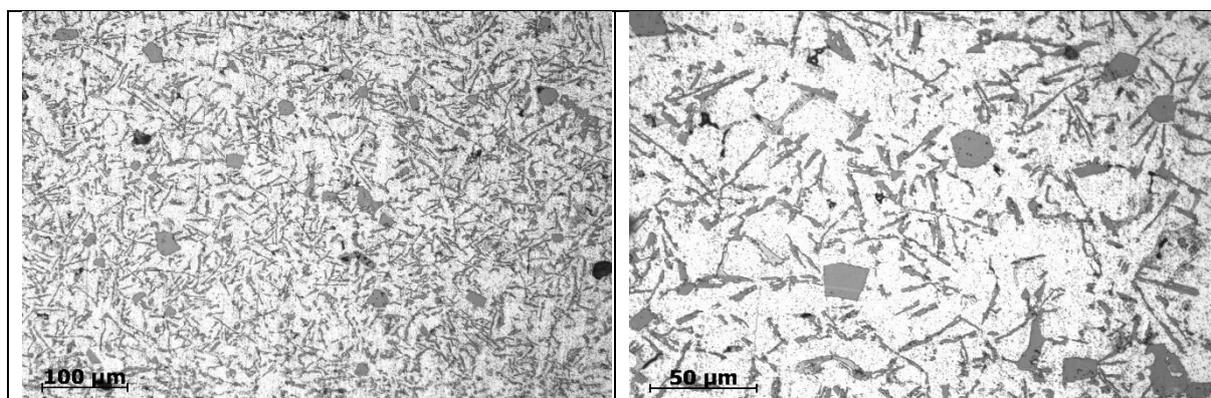


Рис. 2. Структура модифицированного сплава Al–14 % Si–3 % Cu

Структурные изменения, вызванные модифицирующей обработкой, приводят к повышению свойств сплава, в том числе и к возрастанию пластичности (табл. 1).

Табл. 1. Физико-механические свойства сплавов

Сплав	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	НВ, МПа	δ , %
Al–14 % Si–3 % Cu (исходный)	324	275	125	2,5
Al–14 % Si–3 % Cu (модифицированный)	352	322	135	3,8

Приведенные результаты позволяют сделать обоснованный **вывод** о перспективности применения наноструктурной механически сплавленной лигатуры для модифицирования литейных материалов на основе алюминия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Марукович Е. И.** Модифицирование сплавов / Е. И. Марукович, В. Ю. Стеценко. – Минск: Беларус. навука, 2009. – 192 с.

УДК 621.762
МОДИФИЦИРОВАНИЕ БЕЛЫХ ЧУГУНОВ НАНОСТРУКТУРНЫМИ
МЕХАНИЧЕСКИ СПЛАВЛЕННЫМИ ЛИГАТУРАМИ

Ф. Г. ЛОВШЕНКО, И. А. ЛОЗИКОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Белые чугуны, являясь одним из самых известных конструкционных материалов, широкого применения в машиностроении не получили. Наряду с чрезвычайно высокой твердостью и износостойкостью, хорошей коррозионной стойкостью и теплостойкостью, данный вид чугунов имеет ряд недостатков: практически нулевая пластичность, плохая обрабатываемость, низкая стойкость к ударным нагрузкам, особенно сильно проявляющаяся у эвтектических и заэвтектических белых чугунов. Указанные достоинства и недостатки определяются особенностью их структуры – основой данного вида железоуглеродистых сплавов является твердый, но очень хрупкий цементит. В то же время наличие в структуре доэвтектического чугуна перлита, в некоторой степени снижающего твердость и износостойкость основы, позволяет применять его для производства изделий, работающих в условиях абразивного изнашивания с незначительными ударными нагрузками (детали гидромашин и пескометов; помольные тела мельниц и т. п.).

Эксплуатационные характеристики выпускаемых деталей машин и механизмов определяются не только химическим составом чугунов, но и их строением – формой, размером, взаимным расположением цементитной и перлитной составляющей. На сегодняшний день одним из наиболее эффективных способов формирования структуры требуемого строения является модифицирование.

Целью работы являлось установление эффективности модифицирования белых чугунов наноструктурной лигатурой, полученной методом реакционного механического легирования.

В качестве основы при проведении экспериментальных работ применялся низколегированный доэвтектический чугун, химический состав которого приведен в табл. 1. Сплавы подобного состава широко применяются для изготовления цилпесов – мелющих тел при производстве цемента. Лигатура, полученная обработкой шихты исходного состава в смесителе вибрационно-инерционного типа и скомпактированная горячим прессованием до плотности ~ 75...80 % от теоретической, помещалась на дно разливочного ковша и заливалась расплавом. Процесс растворения протекал при транспортировке ковша к месту заливки в течение 4...5 мин. Заливка проводилась в водоохлаждаемый металлический кокиль. Химический состав исходного и модифицированного чугуна представлен

в табл. 1. Некоторое различие в составах чугунов обусловлено дополнительным легированием при введении экспериментального модификатора.

Табл. 1. Химический состав чугунов

Чугун	C	Cr	Ni	V	Mo	Ti	Cu	W	Mn	Si
Исходный	2,74	0,78	0,27	0,11	0,22	0,06	0,32	0,32	1,77	1,64
Модифицированный	2,74	1,08	0,27	0,11	0,26	0,06	0,55	0,32	1,77	1,64

Исследование твердости образцов двух сплавов показало ее рост после модифицирующей обработки: 620 и 780 HV соответственно. Повышение свойств определяется изменением строения чугунов до и после модифицирования, что показано на рис. 1.

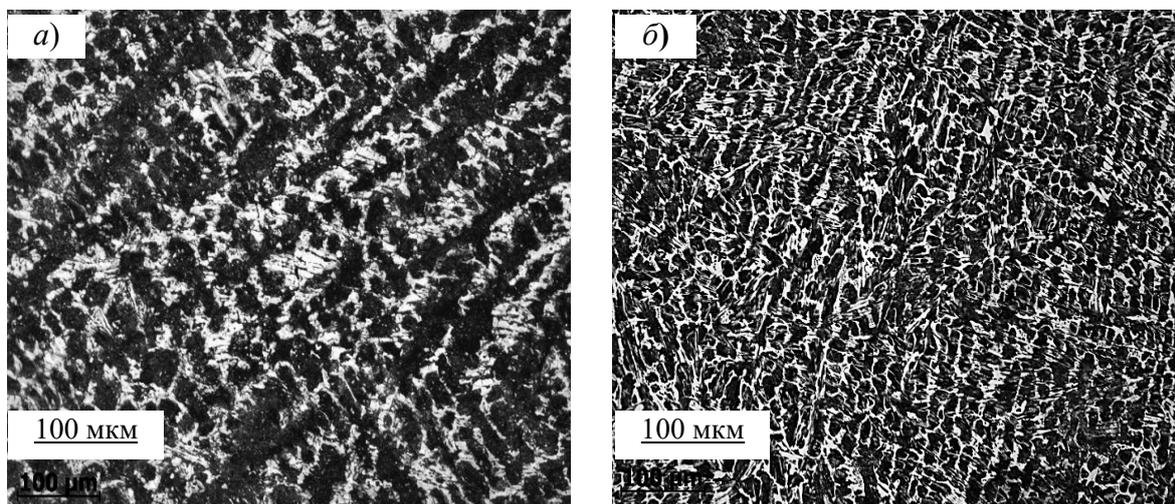


Рис. 1. Структура исходного (а) и модифицированного (б) белого доэвтектического чугуна

Модифицированный чугун характеризуется наличием мелкой карбидной «сетки», в промежутках которой располагаются участки перлита, в то время как структура исходного чугуна имеет значительно более грубое строение с перлитной составляющей значительного размера. Это позволяет предположить о более высоких свойствах износостойкости экспериментальных сплавов по сравнению с аналогами.

Согласно полученным результатам можно сделать вывод о перспективности применения наноструктурной механически сплавленной лигатуры для модифицирования белых чугунов.

УДК 621.9
ПОЛУЧЕНИЕ САМОФЛЮСУЮЩИХСЯ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ
МЕТОДОМ РЕАКЦИОННОГО МЕХАНИЧЕСКОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

Ф. Г. ЛОВШЕНКО, А. С. ФЕДОСЕНКО

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

К самофлюсам относят специальные сплавы на основе никеля, железа, кобальта, состав которых включает значительное количество бора, кремния, марганца. Введение данных элементов способствует хорошему раскислению основы сплава и контактирующей с ним поверхности изделия, что гарантирует формирование плотного однородного слоя с высокой адгезией. Материалы отличаются пониженной температурой плавления, значение которой для никелевых сплавов в большинстве случаев не превышает 1100 °С, что обусловлено образованием относительно легкоплавких эвтектических соединений.

Самофлюсы отличаются высокой жаропрочностью, жаростойкостью, коррозионной стойкостью, многие имеют высокую твердость и износостойкость, что связано с наличием в структуре твердых упрочняющих фаз в виде карбидов, боридов, силицидов и т. д. Для увеличения эксплуатационных характеристик в композиции могут дополнительно вводить твердые фазы в виде карбидов или оксидов. Чаще всего такие материалы представляют собой механические смеси порошков.

Существенным недостатком самофлюсующихся сплавов является их склонность к образованию трещин, вероятность появления которых увеличивается с ростом твердости формируемого слоя. В первую очередь это связано с высокими внутренними напряжениями, появляющимися в многофазном высоколегированном материале.

Одним из способов устранения трещин в покрытиях из самофлюсующихся сплавов может стать управление их структурой, в частности, путем уменьшения размера зерна, что в случае с классическими сплавами на основе железа и цветных металлов способствует росту пластичности.

Как показали многочисленные исследования, выполненные на никелевых, железных, алюминиевых и медных композициях, субмикро-/микроструктурного типа структуры можно достичь в материалах, полученных с применением технологии реакционного механического легирования (РМЛ). Исходя из этого были проведены исследования

технологической возможности получения самофлюсующихся сплавов методом РМЛ. Исследовались композиции, соответствующие по химическому составу серийно выпускаемым материалам марок ПР-Н80Х13С2Р, ПР-Н73Х16С3Р3, а также композиция NiВ3Cr17Fe5 и серийно выпускаемый материал марки ПГ-10Н-01, получаемый распылением расплава.

Изучено влияние химического состава порошка, способа получения исходных компонентов, длительности механосинтеза и способа охлаждения рабочей камеры на гранулометрический состав получаемого материала и его текучесть.

В ходе выполненных исследований были получены следующие результаты:

- при обработке в механореакторе серийно выпускаемого материала марки ПГ-10Н-01 средний размер частиц больше по сравнению со средним размером частиц порошка, полученного из шихты в виде механической смеси чистого никеля, хрома, бора, кремния и углерода;

- увеличение содержания в шихте кремния, бора и углерода способствуют снижению среднего размера частиц механически легированного материала. Можно предположить, что это связано с хрупкостью хрома, бора и кремния, способствующей их измельчению и интенсивному взаимодействию с углеродом, сопровождающемуся образованием соответствующих карбидов, увеличивающих твердость и хрупкость основы композиции;

- с увеличением длительности механосинтеза средний размер частиц снижается, что объясняется увеличением степени взаимодействия между компонентами шихты, сопровождающегося повышением содержания твердых фаз, а также упрочнением в результате наклепа, способствующих охрупчиванию материала;

- увеличение температуры в рабочей камере вызывает рост среднего размера частиц. Это объясняется снижением степени их упрочнения и охрупчивания, обусловленных интенсивным процессом холодной пластической деформации, а также более активным взаимодействием на стадии собирательной грануляции.

Независимо от химического состава композиций и условий их обработки частицы порошков имеют форму, близкую к сферической, и обладают хорошей насыпной плотностью и текучестью.

УДК 539.234:539.12.04
 НАГРЕВ ОБРАЗЦА ПРИ ЕГО ОБРАБОТКЕ В ГАЗОВОМ РАЗРЯДЕ
 С УЧЕТОМ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

А. И. ЛЯПИН

Белорусско-Российский университет
 Могилев, Беларусь

Результат обработки материалов в газовом разряде в значительной степени определяется бомбардировкой поверхности образца быстрыми частицами и их внедрением в обрабатываемый материал (ионной имплантацией). Свойства обработанного материала определяются различными превращениями, связанными с радиационными дефектами и зависящими от температуры обработки. Большая часть энергии быстрых частиц идет на нагрев образца, и при длительной обработке температура последнего может быть значительной. Поэтому при выборе режима обработки необходимо знать температуру образца. Значение температуры можно оценить решением уравнения теплопередачи при заданных значениях коэффициентов теплопроводности образцов и теплоотдачи составных элементов системы охлаждения.

Были проведены расчеты температуры образцов из некоторых материалов при различных режимах обработки и заданных характеристиках системы охлаждения (коэффициенте теплопроводности, коэффициенте теплопередачи и скорости водяного потока в теплообменнике). Выбранные режимы облучения соответствуют большому числу литературных данных. Ниже приведены зависимости температуры образцов от времени обработки при различных значениях напряжения разряда U и плотности тока на образец j (рис. 1–3).

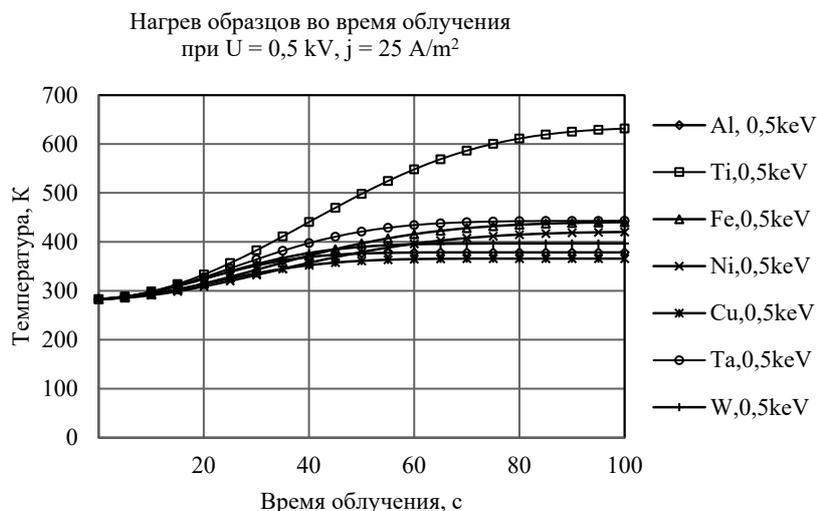


Рис. 1. Температуры образцов, облучаемых при $U = 0,5 \text{ кВ}$, $j = 25 \text{ А/м}^2$

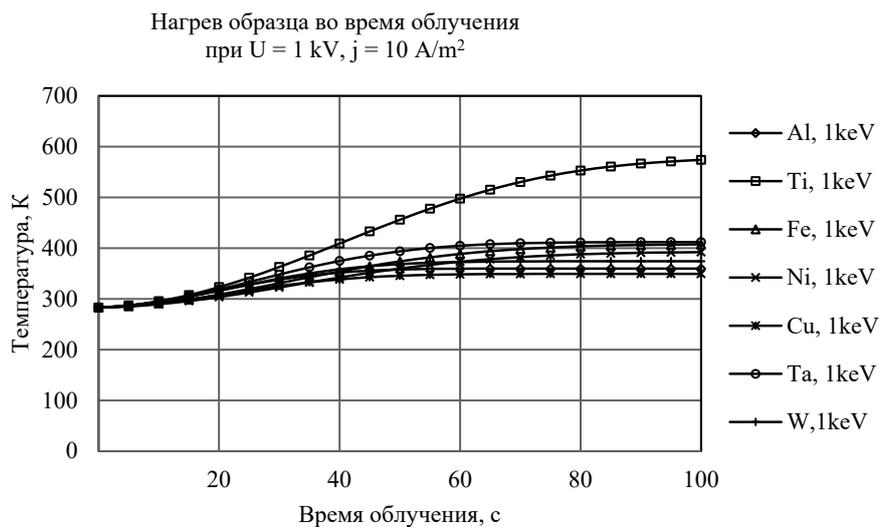


Рис. 2. Температуры образцов, облучаемых при $U = 1 \text{ kV}$, $j = 10 \text{ A/m}^2$

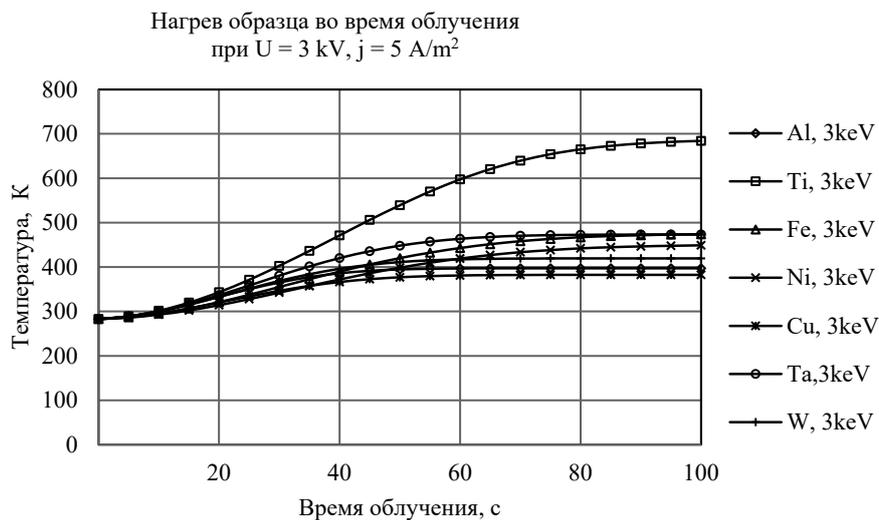


Рис. 3. Температуры образцов, облучаемых при $U = 3 \text{ kV}$, $j = 5 \text{ A/m}^2$

На всех графиках видно, что наибольшему разогреву (680 К) подвергается образец из Ti. Это можно объяснить тем, что у Ni самый малый коэффициент теплопроводности λ , и последний слабо зависит (увеличивается) от температуры. У других рассмотренных материалов максимальные температуры лежат в пределах 400...500 К. При этом коэффициенты теплопроводности этих материалов лежат в интервале 62...400 Вт/(м·К). Этот, странный на первый взгляд, результат можно объяснить разной зависимостью λ от температуры. Если у Al, Ti, Ta теплопроводность растет при нагревании, то у Fe, Ni, Cu и W она падает. Также следует иметь в виду, что максимальные значения температуры большинства образцов достигаются через 1 мин от начала обработки.

УДК 539.234:539.12.04
 РАСЧЕТ ДОЗЫ АМОРФИЗАЦИИ ДЛЯ НЕКОТОРЫХ МАТЕРИАЛОВ
 ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЭНЕРГИЯХ ОБЛУЧЕНИЯ

А. И. ЛЯПИН

Белорусско-Российский университет
 Могилев, Беларусь

При облучении материалов частицами с энергией больше 100 эВ в приповерхностном слое образца возникают радиационные дефекты из атомов примеси, смещенных атомов решетки и вакансий. При высоких значениях дозы облучения плотность радиационных дефектов оказывается настолько большой, что в облученном слое материала может возникать аморфный слой, т. е. слой с полностью разупорядоченной решеткой.

В самой простой модели аморфизации предполагается, что для возникновения аморфного слоя все атомы матрицы должны быть смещены из узлов. При известном числе смещенных атомов на один ион дозу аморфизации с учетом отжига дефектов оценивают известной формулой

$$N_A = N_{A_{\max}} \cdot (1 - L^2 \cdot N_{A_{\max}})^{-2},$$

где $N_{A_{\max}}$ – значение дозы без учета отжига дефектов в процессе облучения; L – длина миграции вакансий.

На рис. 1 и 2 приведены результаты расчетов дозы аморфизации для некоторых комбинаций ион–мишень при трех значениях энергии быстрых частиц. Выбранные комбинации частица–мишень и значения энергии частиц соответствуют обработке образцов в газовом разряде.

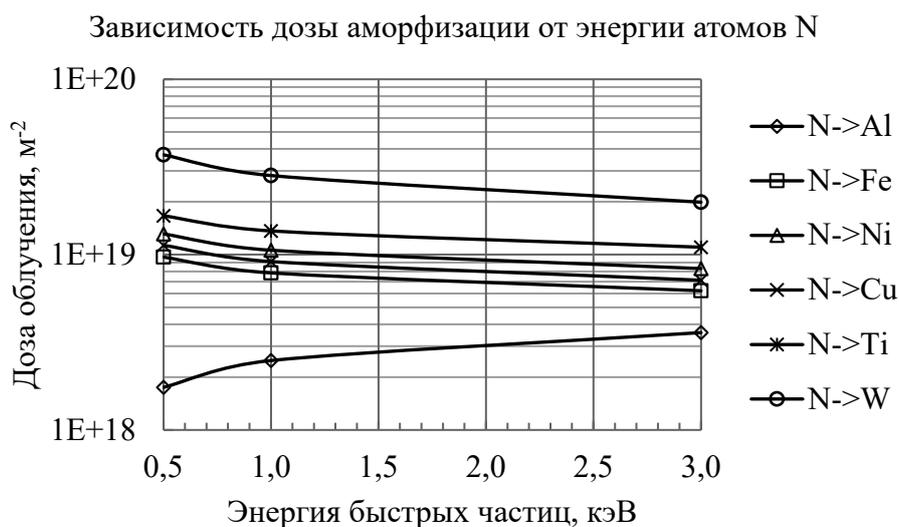


Рис. 1. Зависимость дозы аморфизации от энергии атомов азота

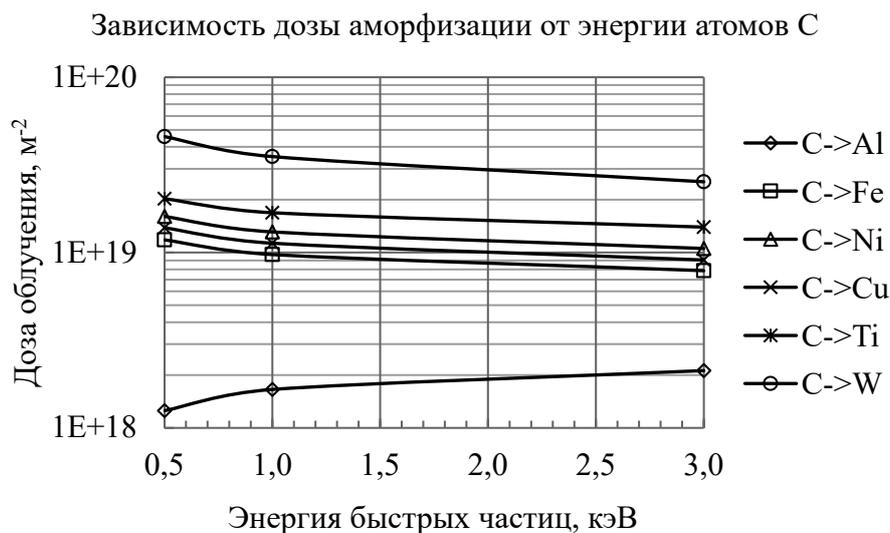


Рис. 2. Зависимость дозы аморфизации от энергии атомов углерода

Из рис. 1 видно, что при облучении атомами азота для большинства рассмотренных комбинаций значение дозы аморфизации находится в пределах от $1,7 \cdot 10^{18}$ до $3,7 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-2}$. Наибольшее отличие в значениях N_A наблюдается для Al и W. Это объясняется значительной разницей атомных масс указанных материалов.

Результаты, полученные для облучения тех же материалов атомами углерода, приведены на рис. 2.

Сравнение рис. 1 и 2 показывает, что характер рассматриваемых зависимостей практически один и тот же. Это связано с незначительным отличием масс атомов азота и углерода. Кроме того, общим для обоих рисунков является снижение значения дозы аморфизации с ростом энергии бомбардирующих частиц. Этот факт связан с увеличением числа смещенных атомов решетки на один бомбардирующий атом.

Именно такое взаимное расположение кривых можно объяснить различием энергии смещения E_d атома из узла в выбранных материалах (табл. 1).

Табл. 1

Материал	Al	Fe	Cu	Ni	Ti	W
E_d , эВ	16	17	19	23	30	38

Следует отметить, что полученные результаты подчиняются общепринятой интерпретации аналогичных результатов (зависимость N_A от соотношения масс частица–атом мишени и энергии смещения атома мишени). Поэтому можно утверждать, что результаты наших расчетов, по крайней мере, качественно, правильно отражают исследуемое явление.

УДК 621.791
ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПОКРЫТИЙ, СОДЕРЖАЩИХ КЕРАМИЧЕСКИЕ ФАЗЫ

В. В. МЕШКОВА¹, А. С. КАЛИНИЧЕНКО²

¹Белорусский национальный технический университет

²Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

В ранее проведенных исследованиях [1] были изучены свойства покрытий, полученных методом плазменного напыления композиций из смеси самофлюсующегося сплава и оксида алюминия. Оксидная керамика вводится в состав композиций для придания покрытиям износостойкости и других специальных свойств, а также для снижения общей стоимости технологии напыления. В связи с этим представляют интерес покрытия, содержащие другие виды оксидных керамик, отличающихся по свойствам, например, диоксида титана TiO_2 и диоксида циркония ZrO_2 . Оба этих материала широко применяются в различных отраслях промышленности, в том числе для получения покрытий плазменным напылением. Пределы содержания упрочняющих керамических фаз составили 15...30 % по объему в составе порошковой смеси для напыления, композиции содержащие ZrO_2 проявили меньшую равномерность подачи порошковой смеси в плазменную струю, что обусловлено неправильной формой частиц упрочняющей фазы. В качестве эталонных композиций были выбраны чистый самофлюсующийся сплав ПГ-ХН80СР4 (далее СР4) и композиционный материал ПС-12НВК-01 (далее НВК), содержащий в составе самофлюсующийся сплав и 35 % карбида вольфрама. Оба состава применяются для получения износостойких плазменных покрытий.

Составы порошковых смесей для напыления композиционных плазменных покрытий, содержащих керамические фазы, представлены в табл. 1.

Средняя твердость композиций в зависимости от содержания упрочняющих фаз в сравнении с эталонными материалами – самофлюсующимся сплавом ПГ-ХН80СР4 и ПС-12НВК-01, состоящей из смеси самофлюсующегося сплава и 35 % WC, представлена на рис. 1. Измерения твердости производились портативным твердомером МЕТ-УДА с ультразвуковым датчиком; средние значения устанавливались на основании 10 измерений поверхности двух образцов каждой композиции.

Из графиков видно, что средняя твердость поверхности покрытий из самофлюсующихся сплавов с добавлением оксидных керамик TiO_2 , ZrO_2 увеличивается в сравнении с эталонными материалами: при добавлении TiO_2 на 3,3...12,6 % по сравнению с СР4, на 5,8...15,3 % по сравнению с НВК: при добавлении ZrO_2 на 8...10,0 % по сравнению с СР4 и на 10,6...12,8 % по сравнению с НВК. Покрытия, содержащие диоксид циркония,

демонстрируют малый разброс значений твердости независимо от процентного соотношения компонентов механических смесей.

Табл. 1. Составы порошковых смесей для напыления комбинированных покрытий

Номер образца	Состав композиции
1	CP4 + 30 % TiO ₂
2	CP4 + 25 % TiO ₂
3	CP4 + 20 % TiO ₂
4	CP4 + 15 % TiO ₂
5	CP4 (ПГ-ХН80CP4)
6	НВК (ПС-12НВК-01)
1.2	CP 4 + 15 % ZrO ₂
2.2	CP 4 + 20 % ZrO ₂
3.2	CP4 + 25 % ZrO ₂
4.2	CP4 + 30 % ZrO ₂

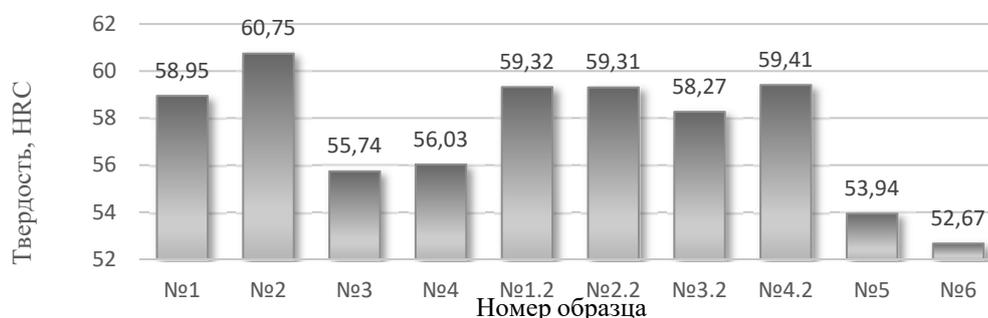


Рис. 1. Средняя твердость покрытий из порошковых сплавов, содержащих керамические фазы

Физико-механические и эксплуатационные свойства полученных композиционных покрытий представляют интерес для дальнейших исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Kalinichenko, A. S.** Development of Wear Resistant Coatings Formed by Plasma Spraying of Alloy Ni-Fe-Cr-Si-B-C System Reinforced with Ceramics Al₂O₃ / A. S. Kalinichenko, O. G. Devoino, V. V. Meshkova // Наука и техника. – 2016. – № 5. – С. 365–370.

УДК 621.45.038.7
КОРРОЗИОННО-СТОЙКИЕ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫЕ ПОКРЫТИЯ

В. В. МИХАЙЛОВ, Н. Н. КАЗАК, Е. В. ОВЧИННИКОВ

¹Институт прикладной физики академии наук Молдовы
Кишинев, Молдова

²Гродненский государственный университет
имени Янки Купалы
Гродно, Беларусь

Основополагающую роль в защите деталей машин и механизмов от коррозионного воздействия играют многофункциональные покрытия, формируемые по различным технологическим процессам. Данный класс покрытий имеет различную классификацию, которая базируется на различных подходах. Однако определяющим фактором в случае широкого практического применения является экономический аспект. Основными параметрами является низкая себестоимость оборудования и материалов, которые применяются при создании покрытий, технологичность процесса нанесения, высокая эффективность в условиях трибоконтакта и коррозионного воздействия. Одним из направлений дальнейшего развития инженерии поверхности является создание многофункциональных покрытий, которые сочетают в себе различные эксплуатационные характеристики, в ряде случаев взаимоисключающие друг друга.

Многофункциональные покрытия получают методом электроискрового легирования. Данный метод основывается на расплавлении материала электрода при электрическом разряде и в последующем осаждении на твердый субстрат. Согласно данным ряда работ при определенных условиях осаждения материала электрода может возникать плазма, в результате чего свойства формируемого покрытия резко отличаются от покрытий, получаемых в электроискровом разряде.

Целью работы является исследование стойкости наноконпозиционных покрытий, полученных методом электроискрового легирования, к воздействию агрессивных сред.

В качестве исследуемых объектов были выбраны многокомпонентные покрытия, получаемые из металлических соединений, составы которых приведены в табл. 1. Формирование покрытий осуществляли на установке «Impuls-1A» (производство Института прикладной физики Академии наук Молдовы). Режимы получения покрытий приведены в табл. 1.

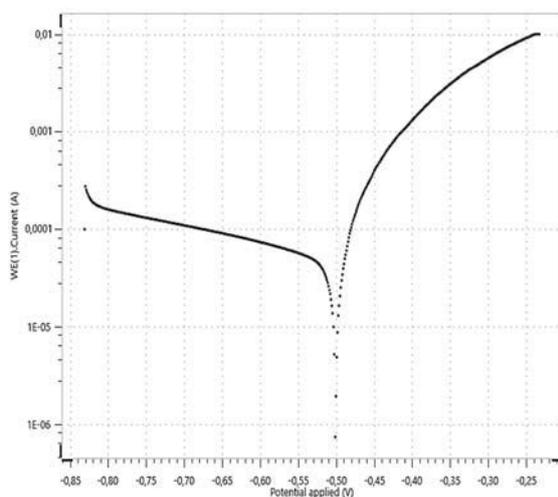
Электрохимическое исследование процесса коррозии проводили на потенциостате-гальваностате Multi Autolab M 204 (Metrohm AG, Швейцария) в растворе 3-процентного NaCl. Для проведения коррозионных испытаний в качестве фонового раствора использовали 3-процентный

раствор NaCl в дистиллированной воде. На рис. 1 представлены типичные поляризационные кривые для исследуемых образцов.

Табл. 1. Режимы формирования покрытий, составы электродов

Режим формирования покрытия, Дж	40X13 (субстрат)				
	1	2	3	4	5
0,9	Ti + Al + C	Ti + Si + C	Ti + A + N	Ti + C	W + C

а)



б)

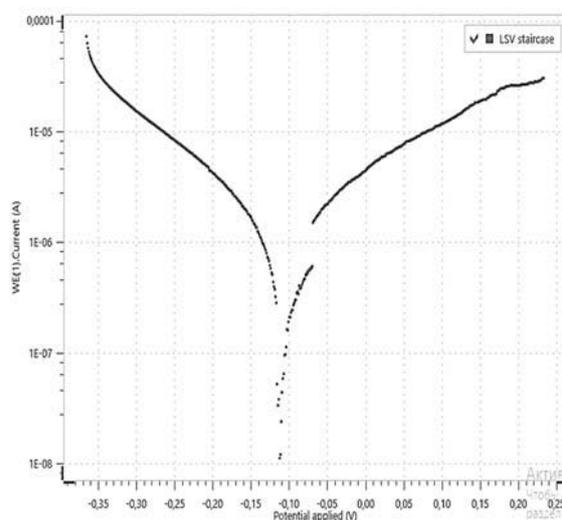


Рис. 1. Поляризационные кривые электроискровых покрытий: а – образец 1; б – образец 5

На основании проведенных исследований установлено, что наибольшей коррозионной стойкостью обладают покрытия на основе вольфрама и углерода. Согласно проведенным исследованиям морфологии методами растровой электронной микроскопии показана возможность образования нанокпозиционных фаз в структуре покрытий. Методами оптической микроскопии установлено, что покрытия 5 обладают более сглаженным рельефом с меньшим включением посторонних фаз в сравнении с образцами 1–4. Таким образом, увеличение коррозионной стойкости соединений, сформированных из электрода, содержащего в своем составе вольфрам и углерод (образец 5), можно объяснить исходя из образования менее дефектного покрытия, имеющего в своей структуре низкоразмерные объекты.

УДК 533.9: 539.211

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННОМ ИСТОЧНИКЕ НАНЕСЕНИЯ НАНОПОКРЫТИЙ

Д. П. ПРОКОПЕНЯ, М. В. ПУЗЫРЕВ, Н. И. ШУЛЬГАН

Институт прикладных физических проблем имени А. Н. Севченко
Минск, Беларусь

Одним из методов осаждения наноплёнок на различные материалы (подложки) является лазерно-плазменный. Он имеет несколько преимуществ перед другими методами. Во-первых – это возможность получить плазму практически из любого вещества; во-вторых – стерильность, то есть при нанесении плёнок в вакууме лазерное излучение не вносит дополнительных примесей в осаждаемое покрытие. Кроме того, лазерно-плазменный метод позволяет легко автоматизировать процесс нанесения наноплёнок.

Для воздействия на мишень был использован импульсный Nd³⁺:YAG лазер LS-2137 фирмы Lotis-ТП с длиной волны $\lambda=1064$ нм и длительностью импульса на полувысоте $\tau = 20$ нс. Мишени устанавливались под углом 45° к оси лазерного луча. Исследования проводились в вакууме при давлении ~ 10 мПа. Мишень вращалась со скоростью 2 об/мин, чтобы предотвратить образование глубокого кратера на ее поверхности. Расстояние от мишени до подложки составляло 12 см. Изображения получали с помощью осциллографа Textronix TDS-2022C.

С целью облегчения автоматизации процесса напыления наноплёнок лазерно-плазменным методом было предложено получать из такой плазмы поток ионов и плавно регулировать энергию ионов и плотность потока с помощью плавного изменения потенциала электрического поля.

Электрическая схема эксперимента представлена на рис. 1.

Было показано, что при подаче отрицательного потенциала на сетку по отношению к мишени после сетки поток заряженных частиц состоит преимущественно из ионов. Энергией ионов и плотностью их потока достаточно просто управлять положительным потенциалом, подаваемым на сетку по отношению к подложке. При воздействии лазерного излучения на медную мишень проведены измерения ионного тока на подложке из кремния КДБ 0,3.

Результаты таких экспериментов представлены на рис. 2.

Первый острый пик объясняется потоком электронов из подложки формируемым за счет фотоионизации при воздействии на подложку отраженного от мишени лазерного излучения (порядка 50 %). Пик положительный, потому что электроны летят в обратную сторону, и регистрируется практически без задержки. Через некоторое время, определяемое скоростью ионного потока, ионы достигают поверхности подложки.

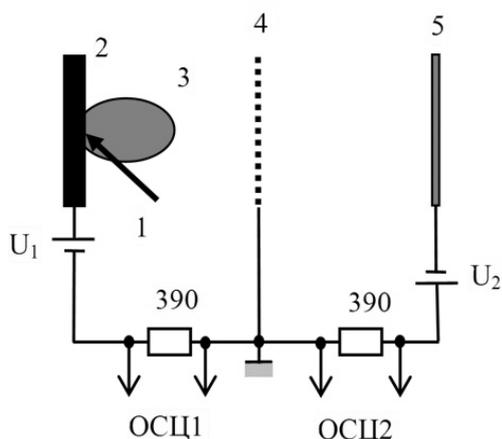


Рис. 1. Схема эксперимента: 1 – лазерное излучение; 2 – лазерная мишень; 3 – эрозионный факел; 4 – сетка; 5 – подложка; ОСЦ1, ОСЦ2 – сигналы, снимаемые на первый и второй лучи осциллографа с сопротивлений нагрузки 390 Ом; U_1 и U_2 – независимые источники питания. Расстояние от подложки до мишени составляет 12 см и от сетки до мишени – 6 см

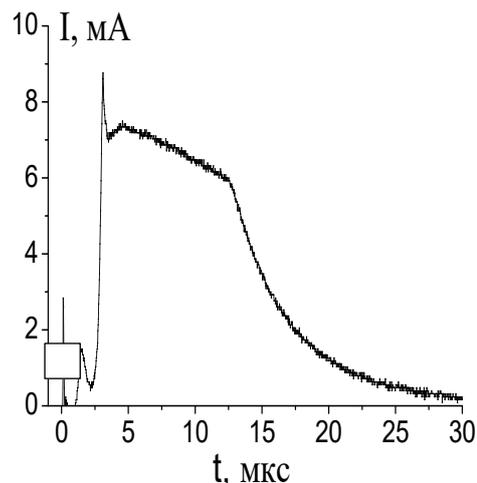


Рис. 2. Зависимость тока подложки от времени при воздействии лазерного излучения на медную мишень и подложку из кремния КДБ 0,3. Плотность мощности воздействующего лазерного излучения – $1,78 \text{ ГВт/см}^2$. Потенциал между сеткой (-) и мишенью (+) равен 20 В, потенциал между сеткой (+) и подложкой (-) – 50 В

На переднем фронте импульса ионов находятся самые быстрые и их энергии достаточно для внедрения (диффузии) в поверхность подложки. Заряд, появляющийся на подложке, начинает несколько замедлять основной ионный поток, и поэтому видим уменьшение ионного потока.

В дальнейшем, несмотря на уменьшение энергии ионов, за счет увеличения их концентрации происходит резкий рост ионного тока на подложку. Так как к этому времени энергии ионов недостаточно для диффузии, а сечение поглощения увеличивается, то происходит вторичная эмиссия ионов и ограничение регистрируемого общего тока ионов за счет противоположного движения ионов. Через некоторое время энергии ионов падающего ионного потока недостаточно для вторичной эмиссии, и ионный поток спадает по экспоненте.

Резкий положительный пик на вершине импульса определяется обратным током электронов для компенсации заряженной ионами поверхности подложки за счет диффузии.

Таким образом, эксперименты показали, что, не разгерметизируя вакуумную камеру, можно производить травление подложки, создание псевдодиффузионного слоя и нанесение нанопокровов.

УДК 662.998

**ГРАНУЛИРОВАННЫЙ ЗАПОЛНИТЕЛЬ
НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

О. Е. СМИРНОВА, А. П. ПИЧУГИН

Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет (Сибстрин)
Новосибирск, Россия

Введение. Повышенные требования к теплотехническим показателям ограждающих конструкций, связанные с энерго- и ресурсосбережением, приводят к необходимости поиска возможностей улучшения теплофизических свойств выпускаемых стеновых материалов. Рациональным является использование в качестве заполнителя органического сырья в виде отходов деревообработки, камыша, костры льна, соломы, коры, торфа и др.

Актуальность работы обусловлена тем, что теплоизоляционные материалы на основе растительного сырья характеризуются высокими теплотехническими показателями. Кроме этого, с экологической точки зрения решается проблема утилизации растительных отходов и в то же время появляется возможность получения экологически чистых строительных материалов.

На государственном уровне запланирован существенный рост производства льноволокна в России. Так, по данным департамента агропромышленного комплекса, намечено увеличение посевных площадей, занятых льном, до 221540 га к 2030 г. Как правило, отходы в виде костры целенаправленно практически не используются и вывозятся в отвал, где сжигаются или подвергаются процессам гниения, что негативно сказывается на окружающей среде [1, 2].

Авторами рассматривается применение в качестве органического заполнителя – костры льна, представляющего собой побочный продукт от переработки льна с достаточно высокими теплоизолирующими и формообразующими свойствами.

Постановка задачи. Костра льна имеет следующие специфические свойства: низкую плотность (110...120 кг/м³), малую теплопроводность (0,037...0,041 Вт/(м·°C)), низкую влажностную набухаемость, не превышающую 2 %, значительное содержание лигнина в органической части до 46 %.

Посредством анализа проблемы получения теплоизоляционных изделий на основе костры льна сформулирована цель работы – применение костры льна в качестве крупного структурообразующего заполнителя легких бетонов. Для реализации намеченной цели необходимо решить ряд задач: определить состав и свойства органического заполнителя – костры льна; произвести подбор оптимальных соотношений костры льна и связующих при получении гранулированных материалов; оптимизировать технологические параметры процесса гранулирования.

Эксперимент. При получении гранул заполнителя использовалась костра льна фракции не более 2,5 мм и насыпной плотностью 125...130 кг/м³. Для достижения оптимальных значений насыпной плотности, прочности и гранулометрического состава гранулированных материалов готовились составы с использованием минеральных (портландцемент, жидкое стекло) и органических (ПВА, латекс) связующих [3, 4].

Грануляция исследуемых составов осуществлялась на лабораторном тарельчатом грануляторе, при различном угле (25...45°) наклона тарели и времени грануляции 2...12 мин.

Исходные компоненты были взяты в соотношении (масс. %) костра льна: связующее 1: (1...1,15). Гранулы готовились двумя технологическими способами: 1 – на комплексном связующем, 2 – на минеральных связующих с «опудриванием» портландцементом. Применение способа, включающего покрытие гранул цементной оболочкой, обусловлено получением гранулированного материала с более высокими показателями сцепления с затвердевшим камнем минеральных вяжущих в составе бетонов.

Гранулированный заполнитель на основе костры льна рекомендуется применять в бетонах с повышенной шумопоглощающей и теплоизолирующей способностью, как конструкционный материал для возведения внутренних стен и перегородок, а также в качестве теплоизоляционной засыпки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Smirnova, O.** Perspectives of flax processing wastes in building materials production / O. Smirnova // AIP Conference Proceedings 3. Сер. «Youth, Science, Solutions: Ideas and Prospects, YSSIP 2016: Proceedings of the III International Young Researchers Conference «Youth, Science, Solutions: Ideas and Prospects», 2017. – С. 020007.

2. **Смирнова, О. Е.** Влияние фракционного состава костры льна на свойства прессованного материала / О. Е. Смирнова // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. – 2018. – № 10. – С. 153–156.

3. **Смирнова, О. Е.** Использование отходов льнопереработки в строительной отрасли / О. Е. Смирнова // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: материалы IV Междунар. науч. эколог. конф. – Краснодар: Кубанский госагроуниверситет, 2015. – Ч. II. – С. 238–244.

4. К вопросу об эффективности использования растительного сырья в сельском строительстве / А. С. Денисов, А. П. Пичугин, В. Ф. Хританков, О. Е. Смирнова // Качество. Технологии. Инновации: материалы ВНИК с международным участием. – 2019. – С. 66–71.

УДК 669.154
ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ВИБРАЦИИ ГЛУХОДОННОГО СТРУЙНОГО
КРИСТАЛЛИЗАТОРА НА МИКРОСТРУКТУРУ И КАЧЕСТВО
ОТЛИВОК ИЗ СИЛУМИНА

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

В настоящее время в Институте технологии металлов НАН Беларуси ведутся работы по улучшению механических и антифрикционных свойств отливок из силуминов путем усовершенствования существующих либо создания новых литейных технологий. Одним из перспективных методов воздействия на структуру и свойства отливок является использование вибрационной обработки расплава в процессе его затвердевания. Установлено, что применение одного шарикового пневматического вибратора, закрепленного в горизонтальной плоскости глуходонного струйного кристаллизатора, при литье отливок из силумина АК18 позволяет эффективно влиять на их структуру и свойства [1].

Целью работы является исследование влияния количества вибраторов и их расположений, при различных способах вибрации глуходонного струйного кристаллизатора, на микроструктуру и качество отливок из силумина АК18.

В качестве шихты использовали чушку первичного алюминия А7 и лигатуру Al + 40 % Si собственного производства. Плавку осуществляли в электропечи марки «Snol 30/1300» в графитсодержащем тигле АС-20 Т2. Модификаторы не применяли. Для осуществления вибрации глуходонного кристаллизатора применяли пневматические шариковые и роликовые вибраторы производства компании «Oli» (Италия). Их частота вибрации составляла 250...270 Гц. Для получения опытных образцов использовали различные схемы расположения пневматических вибраторов, закрепленных в горизонтальной и (или) вертикальной плоскостях глуходонного кристаллизатора. Применяли от одного до трех вибраторов с односторонним, двухсторонним и трехсторонним расположением в одной плоскости, а также в двух плоскостях вибрации.

Разливку жидкого металла осуществляли на опытной вибрационно-литейной установке при литье в глуходонный струйный кристаллизатор. Он крепился на пружинах и мог колебаться как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях. При прочих равных условиях литья получали отливки наружным диаметром 53 мм и высотой 150 мм из сплава АК18 без вибрации и с вибрацией глуходонного струйного кристаллизатора в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Качество литых заготовок оценивали визуально и методом металлографического анализа с помощью

аппаратно-программного комплекса на базе микроскопа «Carl Zeiss Axiotech 100 vario».

В верхней части отливок без вибрации наблюдали центральную газоусадочную пористость глубиной до 35 мм, а на наружной поверхности заготовок присутствовали корольки сплава. В отливках, полученных с применением вибрации, наблюдалась незначительная усадочная пористость, корольки отсутствовали. Наружная поверхность отливок была гладкая, без видимых дефектов.

Установлено, что комбинированный способ вибрации с применением роликовых пневматических вибраторов, закрепленных в вертикальной и горизонтальной плоскостях глуходонного кристаллизатора, позволяет уменьшить центральную газоусадочную пористость в отливках диаметром 53 мм из силумина АК18, измельчить их микроструктуру на 30...50 %, улучшить качество наружной поверхности литых заготовок и увеличить выход годного литья на 40 % (рис. 1).

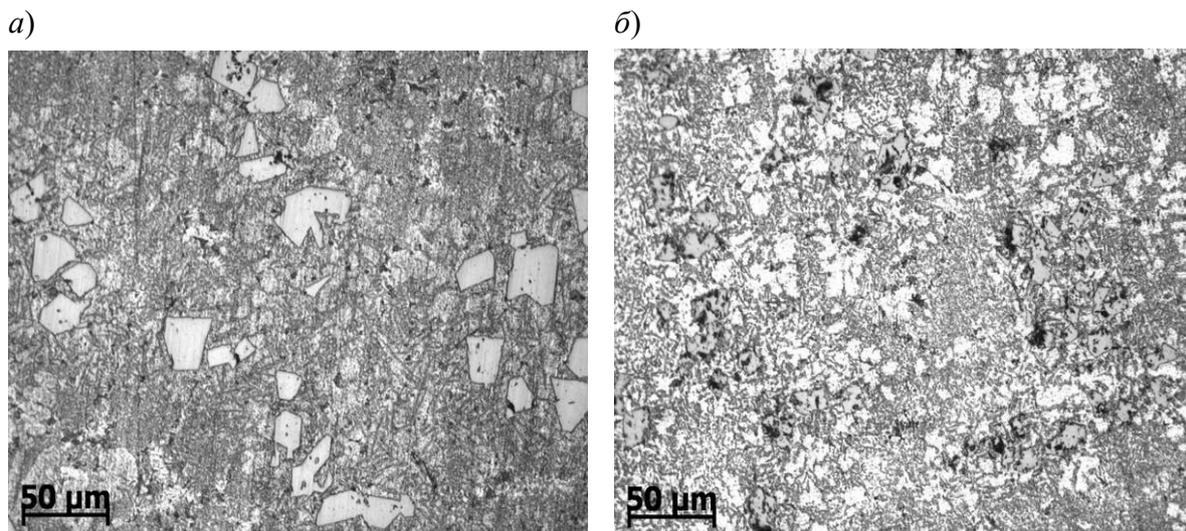


Рис. 1. Микроструктура центральной части отливок диаметром 53 мм из сплава АК18, полученных литьем в глуходонный струйный кристаллизатор без вибрации (а) и с применением комбинированного способа вибрации (б), $\times 200$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Стеценко, В. Ю.** Влияние вибрации глуходонного струйного кристаллизатора на качество отливок из силуминов / В. Ю. Стеценко, К. Н. Баранов, А. П. Гутев // *Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-практ. конф.*, Могилев, 25–26 апр. 2019 г. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2019. – С. 151.

УДК 669.715
ПОЛУЧЕНИЕ СЛИТКОВ ДИАМЕТРОМ 85 ММ ИЗ СИЛУМИНА
С ИНВЕРТИРОВАННОЙ МИКРОСТРУКТУРОЙ

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

Силумин с инвертированной микроструктурой (СИМ) обладает уникальными антифрикционными свойствами. По фрикционной износостойкости СИМ превосходит промышленные оловянные и алюминиевые бронзы и с успехом их заменяет в узлах трения машин и механизмов [1–3]. Это особенно важно для предприятий Республики Беларусь, которые в основном работают на импортных антифрикционных бронзах. Слитки из СИМ могут заменять прутки импортного проката из алюминиевых оловянных бронз, которые в 2...3 раза дороже и тяжелее.

Наиболее востребованы слитки диаметром 85 мм. Поэтому возникла необходимость в получении слитков диаметром 85 мм из СИМ. Для этого было использовано непрерывное горизонтальное литье в кристаллизатор с затоплено-струйной системой охлаждения рабочей втулки и структурно-наследственное модифицирование [1, 4]. Для повышения качества слитка был разработан металлоприемник со встроенным электронагревателем. Это позволило не допускать снижения температуры расплава в процессе литья более чем на 50...70 °С и получать слитки диаметром 85 мм без поверхностных дефектов (рис. 1).

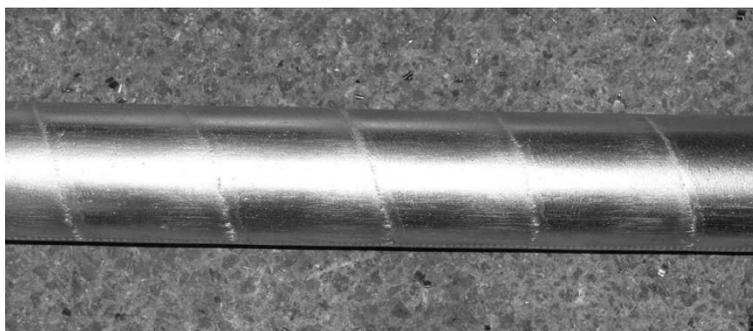


Рис. 1. Непрерывнолитой силуминовый слиток диаметром 85 мм

При получении слитков не использовались какие-либо примесные модификаторы. Поэтому процесс литья был экологически безопасным. Для плавки использовали шихту, состоящую из чушкового сплава АК12М2 и 20 % отливок из эвтектического силумина с высокодисперсной инвертированной микроструктурой. Эти модифицирующие отливки получали методом литья в глуходонный струйный кристаллизатор.

Получали слитки диаметром 85 мм из силумина АК12М2. Процесс

литья осуществляли при начальной температуре расплава в металлоприемнике 740 °С и шаге извлечения слитка 85 мм. Среднее время остановки слитка составляло 6 с. При этом скорость литья была 0,48 м/мин.

Было установлено, что дисперсность кристаллов эвтектического кремния непрерывнолитого слитка сплава АК12М2 составляла 0,5...1 мкм, а размер α -фазы – 10...20 мкм (рис. 2).

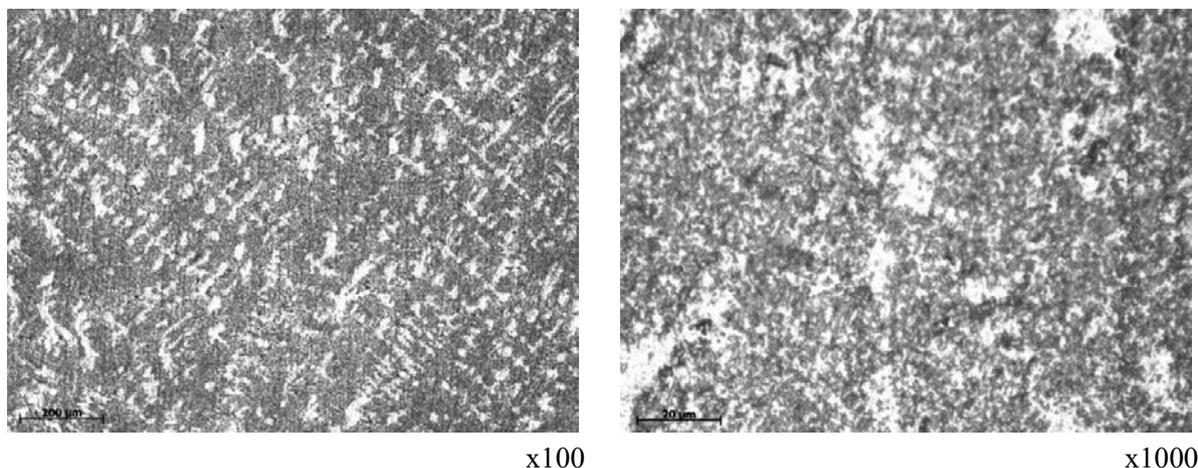


Рис. 2. Микроструктура непрерывнолитого слитка АК12М2 диаметром 85 мм с добавлением 20 % высокодисперсной шихты

Из рис. 2 следует, что полученные слитки имели высокодисперсную инвертированную микроструктуру.

Результаты данного исследования используются для опытно-промышленного производства слитков диаметром 85 мм из антифрикционного силумина взамен проката из промышленных алюминиевых и оловянных бронз.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Марукович, Е. И.** Модифицирование сплавов / Е. И. Марукович, В. Ю. Стеценко. – Минск: Беларус. навука, 2009. – 192 с.
2. **Стеценко, В. Ю.** Повышение фрикционной износостойкости алюминиево-кремниевых сплавов / В. Ю. Стеценко, А. И. Ривкин, А. П. Гутев // Вестн. ГГТУ. – 2011. – № 1. – С. 41–45.
3. **Стеценко, В. Ю.** Использование литых заготовок из силуминов с глобулярным кремнием в промышленности / В. Ю. Стеценко, А. П. Гутев, К. Н. Баранов // Литейное производство и металлургия – 2018. Беларусь: материалы 26 Междунар. науч.-техн. конф. – Минск: БНТУ, 2018. – С. 92–95.
4. **Стеценко, В. Ю.** Непрерывное горизонтальное литье без модификаторов мелкокристаллических слитков из алюминиево-кремниевых сплавов / В. Ю. Стеценко, А. М. Певнев, Р. В. Коновалов // Вестн. ГГТУ. – 2011. – № 1. – С. 46–50.

УДК 621.762

ПРИЧИНЫ НАУГЛЕРОЖИВАНИЯ СТАЛИ
ПРИ ЛИТЬЕ ПО ВЫЖИГАЕМЫМ МОДЕЛЯМ

С. В. СТРЕЛЬЦОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Получение отливок с использованием газифицированных моделей – один из распространенных и высокопроизводительных методов литья. Эта технология считается простой, но нестабильной из-за одновременного влияния трудно регулируемых технологических факторов. Комплексное воздействие на качество заготовок множества величин приводит к большому проценту брака по химическому составу, качеству поверхности, газовой пористости. В то же время этот процесс получения заготовок применяется на очень многих предприятиях и его совершенствование является актуальной задачей.

Опыт получения стального литья показывает, что причиной науглероживания металла может быть углерод, образующийся в результате термодеструкции полистирольной модели. Состав продуктов разложения пенополистирола зависит от температуры заливаемого металла и скорости заливки. При оптимальных параметрах процесса значительное количество углерода выделяется на границе поверхности расплав – полистирол. Одновременно с этим образуются газообразные продукты, которые выносятся через пористую песчаную набивку формы. Песчаная набивка в этом случае играет роль фильтра, на котором осаждаются твердые составляющие газообразной смеси.

Термическая деструкция пенополистирола под действием фронта расплава повышает давление, что ведет к насыщению стали углеродом, препятствует удалению из сплава газов, а иногда и разрушению модели. На этот процесс значительное влияние оказывает температура, состав антипригарной огнеупорной краски, плотность и состав пенополистирола. Практика показывает, что науглероживание стали составляет 0,2...1 %. Эту величину можно существенно уменьшить, применяя пенополистирол плотностью меньше 0,28 г/см³. В то же время применение противопригарного покрытия с большей газопроницаемостью, качественная очистка песка от органики и сажи помогают удалению тонкодисперсного углерода и графита из зоны затвердевания металла. Хорошие результаты дает использование специальных воронок при заливке, так как это позволяет поддерживать один и тот же уровень металлостатического напора в форме, стабилизировать скорость ее заполнения, равномерность науглероживания стали.

УДК 621.9

СПОСОБ ПОДАЧИ ПЛОХО ТЕКУЧИХ ПОРОШКОВ
ДЛЯ ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯА. С. ФЕДОСЕНКО¹, А. Н. БАЛАЗЕЧКО, Ю. В. СЕЛИВАНОВА²¹Белорусско-Российский университет²Могилевский государственный политехнический колледж
Могилев, Беларусь

В ряде случаев для газотермического напыления применяются тонкие порошки с размером частиц не более 30 мкм. В основном, это материалы с высокой температурой плавления, а чаще всего оксиды алюминия, титана, хрома, циркония. В силу особенностей технологического процесса производства этих материалов (конгломерирование, спекание или сплавление с последующим дроблением и размолотом), поверхность их частиц имеет развитую или неправильную (осколочную) форму. Помимо этого, на их поверхности присутствует адсорбированная влага, а между частицами действуют электростатические силы взаимодействия, что оказывает заметное влияние на адгезионное и когезионное взаимодействие между ними. Причем с уменьшением размера влияние последних явлений существенно возрастает. Перечисленные факторы приводят к снижению текучести порошков и ухудшению стабильности процесса нанесения покрытий. Порошки, обладающие плохой текучестью, застревают в бункере питателя, забивают питающие трубки воздушно-порошкового тракта.

Для подачи плохо текучих материалов необходимо использовать питатели, конструкция которых способна обеспечить стабильное их дозирование. Однако это не решает проблемы зависания порошка в каналах воздушно-порошкового тракта. Для предотвращения данного явления приходится уменьшать количество подаваемого материала, что заметно снижает производительность процесса напыления.

С целью повышения стабильности подачи плохо текучих порошков с сохранением высокой производительности процесса напыления прибегают к различным технологическим приемам, наиболее эффективными из которых можно считать разработку специальных способов подачи, а также увеличение текучести порошков. Последнее, к примеру, достигается сфероидизацией частиц, путем пропускания их через плазменную струю, однако это затратный и достаточно низкопроизводительный способ.

Для улучшения стабильности подачи тонких композиционных порошков на основе оксидной керамики была проведена предварительная их подготовка, заключающаяся в конгломерировании с помощью связующего.

Исследования проводились на порошках композиции 87 % Al_2O_3 – 13 % TiO_2 , полученных из серийно выпускаемых компонентов Al_2O_3 (M28)

и TiO_2 (рутил), а также на композициях аналогичного химического состава, прошедших обработку в механореакторе в течение 8 ч.

На первом этапе подготовки материала порошки смешивались со связующим веществом, в качестве которого использовали поливинилацетат. Полученный раствор выдерживали при температуре 60 °С для удаления избытка жидкости, после чего прокаливали с целью устранения избытка компонентов вяжущего вещества. Далее полученный компактный материал подвергали измельчению. Первая стадия – измельчение на щековой дробилке, вторая – размол в шаровой мельнице. Полученный материал просеивали для отделения нужной фракции.

С целью уменьшения сил взаимодействия между частицами материал перед напылением предварительно подогревали до температуры не более 200 °С.

В ходе исследований было установлено, что нагрев порошков, полученных таким способом, заметно влияет на их текучесть. Так, в материалах на основе серийно выпускаемых компонентов нагрев вызывает уменьшение угла естественного откоса до двух раз и порошок, первоначально обладающий недостаточной текучестью, приобретает свойства свободно текучего материала. Для композиций, прошедших дополнительную обработку в механореакторе, изменение текучести не столь значительно, что объясняется высокой дисперсностью частиц. Однако увеличение является достаточным для обеспечения стабильной подачи порошка в газотермическую струю.

Материал, прошедший предварительную подготовку по вышеописанной технологии, отличается высокой стабильностью подачи. Причем хорошая текучесть позволяет значительно увеличить производительность процесса напыления и сформировать покрытия с меньшей пористостью. Это объясняется более эффективной загрузкой струи порошком, большей глубиной проникновения к центру потока и меньшим его рассеиванием в факеле, что значительно повышает эффективность разогрева и плавления частиц.

Проведенные исследования показали, что для промышленного использования синтезированных композиционных материалов и способа их подачи необходима доработка существующих устройств дозирования порошков или разработка специальной конструкции порошкового питателя. В первую очередь это обусловлено чрезвычайно высокой текучестью некоторых композиций, что затрудняет контроль расхода материала стандартными дозаторами.

Разработанную технологию подготовки порошков в дальнейшем планируется применить и к материалам на основе металлов.

УДК 621.762

ШИХТА ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ СПЛАВОВ

А. И. ХАБИБУЛЛИН

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Разработанная технология относится к области производства сплавов и получения литых заготовок.

Актуальной задачей является создание способа получения наноразмерных модификаторов, позволяющего добиться измельчения структуры сплава в процессе его кристаллизации, что приводит к техническому эффекту увеличения ударной вязкости, при одновременном сохранении высоких прочностных свойств, что особенно важно для изделий, работающих при низких температурах в условиях знакопеременных динамических нагрузок.

При производстве сплавов на основе различных металлов как при внепечной обработке, так и в процессе разлива существует возможность их модифицирования с целью измельчения размеров зерна. Используя технологию механического легирования, можно получать модифицирующую шихту по универсальной технологии как для производства любых типов сплавов, так и в литейном производстве.

В процессе механохимической обработки шихты в ней синтезируются равномерно распределенные по объему наноразмерные тугоплавкие неметаллические включения, которые становятся в процессе разлива сплавов готовыми центрами кристаллизации, так называемыми модификаторами первой группы. Так как число центров кристаллизации возрастает, то размеры зерен металла уменьшаются. Размер зерна оказывает существенное влияние на весь комплекс механических свойств, чем мельче зерна, тем выше прочностные и пластические свойства.

Для модифицирования стали в качестве модификаторов первой группы необходимо синтезировать наноразмерные тугоплавкие соединения на основе алюминия, ванадия, титана, при модифицировании алюминиевых сплавов – соединения ванадия, титана, циркония.

Преимущество данного способа заключается в создании технологии получения наноразмерных модификаторов, синтез которых должен завершиться в результате термической активации в расплаве, что обеспечивает равномерное распределение образовавшихся центров кристаллизации и снижение вероятности всплывания их на поверхность.

УДК 621.762
ПОДГОТОВКА ШИХТЫ ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ СПЛАВОВ

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

Предлагаемый способ получения шихты с наноразмерными модификаторами состоит из совокупности процессов: механического диспергирования и активации смеси порошков восстановителей (элементов, обладающих высоким сродством с кислородом, азотом) и окислителей (неустойчивых химических соединений – поставщиков кислорода, азота и т. д.) в энергонапряженном механореакторе и предварительной термической активации полученной композиции с целью активизации процесса внутреннего окисления восстановителей.

В разработанном способе получения шихты в исходный порошок металлической основы вводят компоненты, способные в результате механической и термической активации образовывать наноразмерные тугоплавкие химические соединения – центры кристаллизации, являющиеся модификаторами первой группы. В качестве указанных компонентов используют, по крайней мере, один металл, обладающий высоким сродством к кислороду и / или азоту, и, по крайней мере, одно из неустойчивых химических соединений из ряда оксидов, гидроксидов, карбонатов, нитридов – поставщиков кислорода и / или азота.

Процесс механической активации терморреагирующих компонентов заключается в обработке в механореакторе в течение 4...6 ч.

В качестве механореактора используется вибромельница инерционного типа со следующими характеристиками: потребляемая мощность 10,5 кВт, объем помольной камеры 30 л, амплитуда круговых колебаний 5,0 мм, частота круговых колебаний 25...30 с⁻¹, степень заполнения помольной камеры шарами 60...80 %, отношение объема шаров к объему порошковой смеси 4–6, температура в помольной камере не более 120 °С.

Перед дошихтовкой механически легированную порошковую композицию подвергают термической активации при температуре 400...700 °С (до температуры начала экзотермической реакции в зависимости от состава шихты) в течение 5...20 мин. В процессе дошихтовки (до /или в процессе операций литья или разлива сплава) механически легированная композиция в количестве до 1,0 % равномерно распределяется в расплаве и создает активные центры гетерогенного зародышеобразования в процессе отверждения сплавов, что приводит к уменьшению размера зерен сплавов в 2,0...3,0 раза и повышению эксплуатационных свойств изделий (снижается порог хладноломкости, повышается износостойкость).

УДК 544.22+544.08
 ГАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ОКСИДА ВОЛЬФРАМА
 С ДОБАВКОЙ ГРАФЕНОМЕТАЛЛИЧЕСКОГО КОМПОЗИТА

А. А. ХОРТ¹, Ю. С. ГАЙДУК², А. А. САВИЦКИЙ²

¹KTH Royal Institute of Technology
 Stockholm, Sweden

²Белорусский государственный университет
 Минск, Беларусь

Оксид вольфрама WO_3 и композиции на его основе являются перспективными полупроводниковыми материалами для изготовления чувствительных газовых датчиков различного назначения, в частности, сенсоров оксидов азота [1, 2]. В настоящей работе исследованы газочувствительные свойства спрессованных газопористых образцов оксида вольфрама, полученного золь-гель методом, в чистом виде и с добавкой металлографенового композита (2 масс. %), содержащего наночастицы никеля и меди (не более 0,2 масс. %).

Золь вольфрамовой кислоты H_2WO_4 получали из 1,23М водного вольфрамата натрия (50 мл) путем капельного его добавления в 12М водный раствор азотной кислоты (50 мл). После трехкратной декантации осадок подвергали сушке в сушильном шкафу при $t < 100$ °С, в образовавшийся гель (в пересчете на WO_3) добавляли 2 масс. % графен-медного (G@Cu) нанокompозита, полученного методом горения в растворах (SCS), и тщательно перемешивали. После отжига при 450 °С вольфрамовая кислота разлагалась с образованием моноклинной фазы оксида WO_3 (PDF 87–2404).

Методика изготовления образцов (газопористых таблеток) из высушенного порошка вольфрамовой кислоты (ксерогеля) и методика измерения газочувствительных свойств приведены в [1]. Отклик сенсора S , %, определяли по формуле $S = R_{rg}/R_a \cdot 100$ %, где R_a и R_{rg} – электрическое сопротивление чувствительного слоя на воздухе и при воздействии газовой смеси, содержащих ацетон и изопропанол, и по формуле $S = R_{rg}/R_a \cdot 100$ % при воздействии газовой смеси, содержащих NO_2 .

Как видно из рис. 1, отклик образцов к парам ацетона (45 000 ppm) и изопропанола (45 000 ppm) почти в 3 раза выше в случае образца с добавкой G@Cu. В случае детектирования диоксида азота (4 ppm) отклик выше в 4,3 раза (600 % на образце WO_3 с добавкой G@Cu по сравнению со 140 % на образце WO_3 без добавки).

Увеличение газовой чувствительности WO_3 , содержащего добавку графено-металлического композита, может быть объяснено снижением размера кристаллитов и возрастанием удельной поверхности материала, содержащего добавку, а также формированием более высокодефектной структуры.

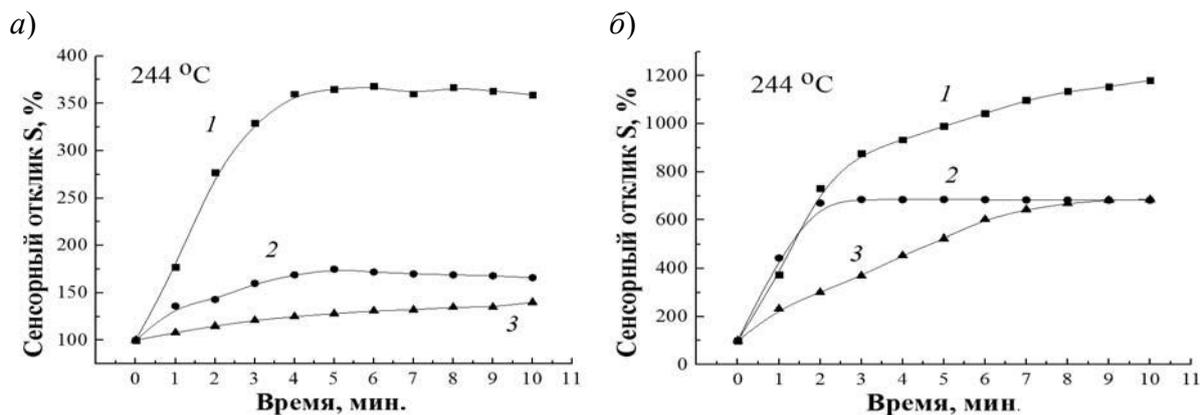


Рис. 1. Сенсорный отклик образцов различного состава: а – WO_3 ; б – $\text{WO}_3 + 2$ масс. % G@Cu ; 1 – 45 000 ppm ацетона; 2 – 45 000 ppm изопропанола; 3 – 4 ppm диоксида азота (в воздухе)

Материал, содержащий добавку G@Cu , содержит значительное количество парамагнитных дефектов, которые фиксируются методом ЭПР при комнатной температуре и отсутствуют в порошке WO_3 , не содержащем добавку. В частности, обнаруживаются широкая линия с $g = 2,30225$ (резонансное поле $H_{\text{рез.}} = 2891,55$ Гс, ширина линии $\Delta H = 338,92$ Гс) и узкая линия с $g = 2,08247$ (резонансное поле $H_{\text{рез.}} = 3196,72$ Гс, ширина линии $\Delta H = 73,83$ Гс). Сигнал, соответствующий узкой линии по значению g -фактора, является характерным для дырочных центров и их ассоциатов, анион-радикальных форм кислорода, а также для F -центров (электронов, локализованных на электронной вакансии). Заметное отклонение фактора Ландэ от g_e для сигнала, соответствующего широкой линии, может свидетельствовать в пользу образования частично восстановленных соединений вольфрама.

Таким образом, результаты исследования показывают, что введение в состав WO_3 2 масс. % G@Cu приводит к значительному увеличению сенсорного отклика как к восстановительным, так и к окислительным газам, при этом величина отклика превышает в сопоставимых условиях исследованные ранее материалы на основе оксида вольфрама с добавкой оксида индия и добавкой многостенных углеродных нанотрубок [1, 2].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Study of $\text{WO}_3\text{-In}_2\text{O}_3$ nanocomposites for highly sensitive CO and NO_2 gas sensors / Yu. S. Haiduk [et al.] // Journal of Solid State Chemistry. – 2019. – Vol. 273. – P. 25–31.
2. Газовые датчики на основе композиции оксида вольфрама и многостенных углеродных нанотрубок / Ю. С. Гайдук [и др.] // Приборы и методы измерений. – 2016. – Т. 7, № 1. – С. 127–138.

УДК 621.793:66.088
ВЛИЯНИЕ КРИОГЕННОЙ ОБРАБОТКИ
НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УГЛЕРОДИСТОЙ
КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ

Н. М. ЧЕКАН, И. П. АКУЛА, Е. В. ОВЧИННИКОВ

¹Физико-технический институт НАН Беларуси
Минск, Беларусь

²Гродненский государственный университет
имени Янки Купалы
Гродно, Беларусь

Одним из эффективных способов увеличения прочностных характеристик изделий на основе сплавов железа и углерода является обработка их холодом. При данном виде термообработки модифицируемым материалам придаются уникальные свойства. Так, кристаллизующийся чугуны при низких температурах приобретает пластичность при сохранении высоких прочностных характеристик. В ряде случаев при обработке разных марок стали в криогенной жидкости отмечено формирование наноструктур, что оказывает существенное влияние на эксплуатационные характеристики. Согласно современным представлениям основные физико-механические характеристики материалов, в том числе и металлов, могут быть существенно изменены за счет создания нанокристаллического состояния. Поскольку при криогенной обработке низкоразмерные могут возникать естественным путем, одним из перспективных способов и энергосберегающих способов поверхностного наноструктурирования сплавов на основе железа является обработка при температурах, близких к абсолютному нулю. Криогенная обработка приводит к превращению остаточного аустенита в высокодисперсный (наноструктурированный) мартенсит деформации. Образование наноструктур в металлической подложке может приводить к образованию зарядовой мозаики на поверхности металла. Формирование зарядовой мозаики на металлическом субстрате оказывает влияние на структуру и физико-механические свойства вакуумных покрытий. Таким образом, целью исследований является изучение влияния низкотемпературной обработки на структуру и физико-механические свойства конструкционных сталей.

Проведено исследование влияния предварительной обработки в криогенной жидкости на физико-механические характеристики металлических образцов, изготавливаемых из стали 08кп. В ходе проведенных исследований определяли микротвердость исходных субстратов, в том числе после обработки в жидком азоте при различных временах выдержки (табл. 1).

Табл. 1. Значения микротвердости стали 08 кп, подвергнутой воздействию криогенных температур

Вид обработки	Исходный материал	Выдержка в течение 60 мин в жидком азоте	Выдержка в течение 24 ч в жидком азоте
Н, ГПа	0,4	0,45	0,47

Также были проведены исследования по изучению изменений в структуре поверхностных слоев углеродистой стали типа 08кп при воздействии криогенных температур. Исследования проводились методом атомно-силовой микроскопии. Результаты представлены на рис. 1.

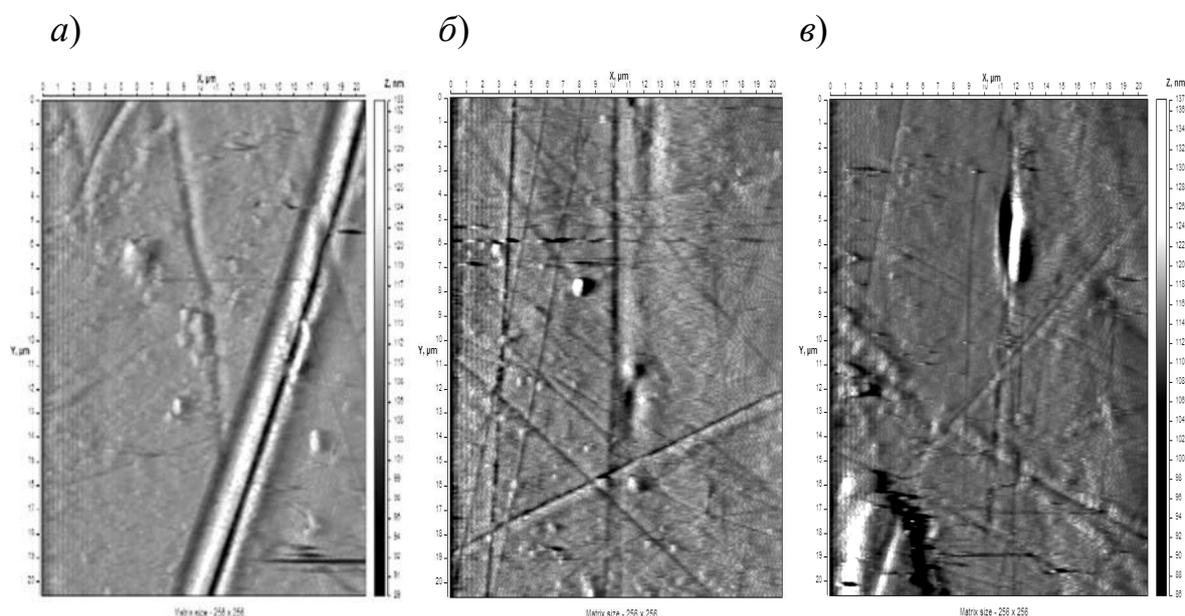


Рис. 1. Атомно-силовое изображение поверхностных слоев углеродистой стали 08кп после криогенной обработки: *a* – исходная поверхность; *б* – обработка в жидком азоте в течение 3 ч; *в* – обработка в жидком азоте в течение 24 ч. Площадь сканирования 20×20 мкм

Исходя из полученных данных видно, что происходит уменьшение параметров шероховатости при криогенной обработке покрытий при временах экспозиции 180 мин. Дальнейшая выдержка исследуемых образцов приводит к возрастанию параметров шероховатости. Это может свидетельствовать о структурных перестройках при проведении низкотемпературной обработки.

УДК 621.791.72

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ НАНЕСЕННЫХ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКОЙ ВАЛИКОВ ИЗ НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА И БРОНЗЫ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА МИКРОТВЕРДОСТЬ

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

Небольшое поперечное сечение валиков, получаемых лазерной наплавкой, и минимальная диффузия материалов валиков позволяют создавать с ее помощью мультимодальные покрытия, состоящие из слоев чередующихся разнородных металлических материалов, обладающих различными физико-механическими свойствами. Для качественного нанесения мультимодальных покрытий методом лазерной наплавки весьма важно исследовать свойства единичных наплавленных валиков из материалов, входящих в его состав.

В данной работе предпринята попытка исследовать распределение микротвердости и элементного состава по глубине валиков из никелевого сплава ПГ-12Н-01 и бронзы ПГ-19М-01. Единичные валики наносились методом лазерной наплавки на технологическом комплексе, включавшем газовый CO_2 – лазер непрерывного действия и координатную систему с числовым программным управлением, обеспечивавшую необходимые перемещения наплавочной головки относительно наплавлявшихся образцов. Лазерная наплавка производилась при мощности излучения 1000 Вт, с различными скоростями наплавки. Наплавка выполнялась на образцы из стали 45, имевшие размеры $20 \times 30 \times 8$ мм. Грануляция порошков составляла 20...80 мкм.

Исследования выполнялись на микрошлифах поперечного сечения валиков. Измерения микротвердости производились при помощи микротвердомера ПМТ-3 при нагрузке 100 г по линии симметрии валиков из основы в покрытие с шагом 0,05 мм. Исследования распределения элементов по глубине валиков проводились на тех же образцах методом микрорентгеноспектрального анализа (МРСА) на аттестованном микроскопе «Mira» фирмы «Oxford Instruments» (Великобритания).

Изменение микротвердости по глубине валика из сплава ПГ-12Н-01 связано непосредственно с изменением элементного состава материала валика. На рис. 1 представлены зависимости содержания элементов в валике из сплава ПГ-12Н-01. На этом же рисунке показано распределение микротвердости по глубине этого валика в тех же координатах. Из рисунка видно, что элементный состав наплавленного валика из сплава ПГ-12Н-01 сильно отличается от состава исходного порошка. Содержание хрома и кремния близко к табличным значениям и практически не изменяется по глубине валика. Интенсивное перемешивание материалов покрытия и

основы приводит к тому, что количество железа в валике вместо табличных 1,2...3,2 % изменяется по глубине валика от 65 до 52 %, а количество никеля, вместо табличных 80 %, изменяется от 27 до 42 %. Таким образом, материал валика уже не является чисто никелевым сплавом, т. к. в нем содержится значительное количество железа. По этой причине и величина микротвердости в наплавленном валике не превышает 2700 МПа. Количество никеля (и его соединений) содержащееся в различных точках по глубине валика определяет и соответствующую величину микротвердости. Из рис. 1 видно, что при увеличении количества никеля от основы к поверхности покрытия с 27 до 42 % микротвердость материала валика возрастает с 2102 до 2680 МПа.

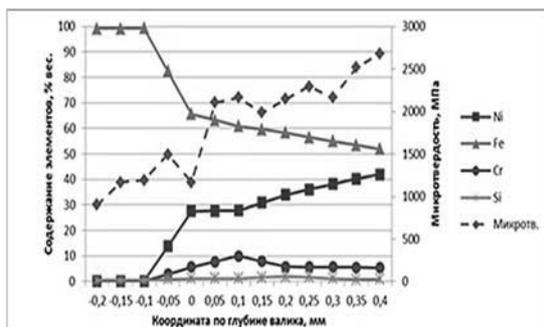


Рис. 1. Распределение элементов и микротвердости по глубине валика из сплава ПГ-12Н-01

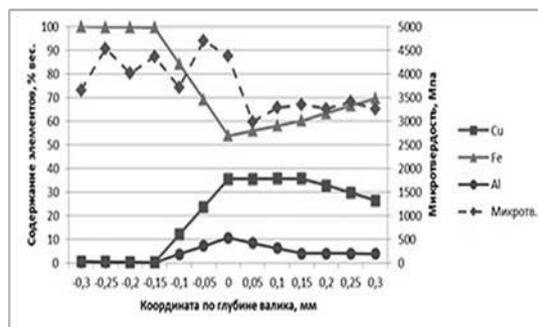


Рис. 2. Распределение элементов и микротвердости по глубине валика из бронзы ПГ-19М-01

Изменение микротвердости по глубине валика из бронзы ПГ-19М-01 также непосредственно связано с изменением элементного состава материала валика. На рис. 2 показаны зависимости содержания элементов в валике бронзы ПГ-19М-01. Здесь же показано распределение микротвердости по глубине этого валика в тех же координатах по глубине валика. Элементный состав наплавленного валика из бронзы ПГ-19М-01 сильно отличается от состава исходного порошка. Если содержание алюминия мало отличается от табличных значений, то содержание железа и меди изменяется значительно из-за интенсивного перемешивания материалов валика и основы в ванне расплава. Так количество железа в валике вместо табличных 4 % изменяется по глубине валика от 56 до 69 %, а количество меди вместо 86 % изменяется от 35 до 26 %. Понятно, что материал валика уже не является чистой алюминиевой бронзой. В связи со значительным содержанием железа величина микротвердости в наплавленном валике достигает 3400 МПа. Скорее всего, количество железа (и его соединений), содержащееся в различных точках по глубине валика, определяет соответствующую величину микротвердости. При увеличении количества железа от основы к поверхности покрытия с 56 до 69 % микротвердость материала валика возрастает с 2980 до 3400 МПа.

УДК 621.914.2:669
СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО
СЛОЯ УГЛЕРОДИСТЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ
ТЛЕЮЩИМ РАЗРЯДОМ

В. М. ШЕМЕНКОВ¹, М. А. РАБЫКО¹, В. В. ШЕМЕНКОВ²

¹Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

²Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Несмотря на постоянный рост требований по теплостойкости инструментальной оснастки, углеродистые стали, несмотря на низкую теплостойкость, твердо занимают свою нишу в производстве различного инструмента.

Стоит отметить, что углеродистые инструментальные стали из-за своей дешевизны являются предпочтительными при изготовлении деревообрабатывающего и ручного металлообрабатывающего режущего и кузнечного инструмента.

Занимая свою особую нишу, углеродистые стали также, как и другие инструментальные материалы, требуют постоянного улучшения своих эксплуатационных свойств. Однако из-за низкой теплостойкости углеродистых сталей значительно сокращается количество приемлемых способов повышения их эксплуатационных характеристик, поэтому перед специалистами остро стоит вопрос о разработке современных низкотемпературных способов модифицирования углеродистых сталей.

Способ модифицирования материалов тлеющим разрядом, исходя из практики его реализации, является весьма перспективным для повышения эксплуатационных характеристик поверхностных слоев изделий из углеродистых инструментальных сталей, т. к. температура в зоне обработки значительно меньше теплостойкости указанных сталей.

В рамках выполнения задания 3.4.30 Государственной программы научных исследований «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии» на основании металлографических исследований установлено, что обработка тлеющим разрядом углеродистых инструментальных сталей У8 и У10А приводит к формированию модифицированного слоя глубиной до 50 мкм.

На основании рентгеноструктурных исследований и дюрOMETрического анализа установлено, что обработка приводит к изменению размеров зерен карбидной фазы, уменьшению дефектов кристаллического строения, увеличению физического уширения дифракционных линий α -Fe и плотности дислокаций, что, в свою очередь, приводит к повышению микротвердости на 10...15 % и повышению их износостойкости в 1,5...1,7 раза.

УДК 621.914.2:669
ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ТЛЕЮЩИМ РАЗРЯДОМ НА СТРУКТУРУ,
ФАЗОВЫЙ СОСТАВ, ТВЕРДОСТЬ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ
ИЗНОСОСТОЙКИХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ТАНТАЛА

В. М. ШЕМЕНКОВ¹, В. Ю. ШАРАПОВ¹, В. В. ШЕМЕНКОВ²

¹Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

²Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Защитные покрытия на основе тугоплавких материалов получают широкое распространение в различных областях промышленности, науке и медицине. В последнее время особый интерес со стороны отечественных ученых проявляется к покрытиям на основе тантала.

Как химический элемент тантал, обладающий уникальными свойствами, широко используется в металлургии при получении жаропрочных и коррозионных сплавов, используемых при изготовлении изделий для химической промышленности, ядерно-энергетических систем, электроники, медицины, в производстве боеприпасов и т. д.

Для инструментальной промышленности тантал интересен в связи со свойствами его карбидов, которые отличаются чрезвычайно высокой температурой плавления и твердостью, близкой к твердости алмаза, что делает покрытия на их основе очень перспективными для инструментального производства в качестве износостойких защитных покрытий.

В рамках выполнения задания 4.1.28 Государственной программы научных исследований «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии» в Белорусско-Российском университете ведутся исследования по установлению влияния обработки тлеющим разрядом на эксплуатационные характеристики композиционных танталосодержащих покрытий.

Исследования проводились на образцах из стали Р6М5. Образцы подвернули закалке, отпуску с последующим послойным нанесением методом магнетронного распыления покрытий на основе титана и тантала толщиной 3...5 мкм.

В результате металлографических, рентгеноструктурных исследований и дюрOMETрического анализа установлено, что обработка тлеющим разрядом композиционных танталосодержащих покрытий приводит к изменению размеров зерен тантала, снижению плотности дислокаций и снятию остаточных растягивающих макронапряжений, что, в свою очередь, приводит к повышению микротвердости на 10...15 %.

Обработка тлеющим разрядом композиционных танталосодержащих покрытий приводит к повышению их износостойкости в 1,2...1,3 раза.

УДК. 621.791

ВЛИЯНИЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ НА ОБРАЗОВАНИЕ ПОР
В ИЗДЕЛИЯХ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ
АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Д. И. ЯКУБОВИЧ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Производство металлических изделий с использованием 3D-печати активно развивается в машиностроительной области, где преимущественно используются порошковые материалы на основе железа.

Одним из способов получения стальных изделий является селективное лазерное сплавление. Данный метод обеспечивает послойное расплавление порошковых материалов и формирование изделия, состоящего из наплавленных слоев шириной до 150 мкм и высотой до 100 мкм. Высокие скорости охлаждения, до 10^5 °C/с, обеспечивают образование структур закристаллизовавшегося металла, не характерных для стандартных электродуговых способов обработки.

Получение изделий на 3D-принтерах методом селективного лазерного сплавления осуществляется с использованием защитной атмосферы азота, которая рекомендуется производителями установок. С учетом кратковременного существования жидкой фазы и скачкообразного изменения растворимости азота в стали, целесообразно вместо его использовать аргон. Исследование влияния атмосферы в камере 3D-принтера на качество получаемого изделия – мало изученный процесс.

Исследования проводились на образцах, напечатанных с использованием 3D-принтера EP-M250. В качестве исходного материала использовался порошок из аустенитной стали 316L, дисперсностью до 50 мкм. Высота наносимого слоя порошка составляла 50 мкм. Каждый предыдущий слой расплавлялся на 50...90 %. Во время экспозиции луч двигался по пилообразной траектории с амплитудой колебаний 8 мм.

Металлографические исследования проводились на образцах размерами $10 \times 15 \times 15$ мм с использованием двулучевого растрового электронного микроскопа Versa 3D. В образцах, напечатанных в среде азота, выявлены как отдельные поры размерами до 75 мкм, так и вертикальные цепочки пор общей длиной до 2 мм и расстоянием между отдельными порами до 0,2 мм. Растворившийся азот не успевает выделиться из жидкого металла до момента кристаллизации. В образцах, полученных в среде аргона, пор не обнаружено, что говорит о его положительном влиянии на снижение порообразования. Во всех случаях выявлена ячеистая структура металла, с размерами частиц 600...900 нм.

УДК621.791
ДАТЧИК СКОРОСТИ ПОДАЧИ ПРОВОЛОКИ ПРИ ДУГОВОЙ
СВАРКЕ НА ОСНОВЕ ИНКРЕМЕНТНОГО УГЛОВОГО ЭНКОДЕРА

С. В. БОЛОТОВ, Н. К. БОБКОВ, Е. Л. БОЛОТОВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Управление процессом переноса электродного металла при дуговой сварке плавящимся электродом в среде защитных газов требует наличия датчика скорости подачи проволоки в цепи обратной связи. Обеспечить требуемую точность измерения скорости позволяет инкрементный оптоэлектронный преобразователь угловых перемещений, устанавливаемый на вал ролика подачи проволоки. Для проведения исследований нами выбран преобразователь ЛИР-158А-4-Н-001500-05-ПИ-5-1,0-О, выдающий при напряжении питания 5 В ТТЛ сигнал с частотой 1500 импульсов на один оборот вала с точностью $\pm 15\%$.

Питание датчика осуществляли от аккумуляторной батареи DJW12-1,3 на 12 В, 1,3 А·ч и DC-DC-преобразователя AM5T-1205SZ, обеспечивающего на выходе стабилизированное напряжение 5 В. Для повышения помехоустойчивости при значительной длине выходного кабеля разработано устройство согласования сигналов на основе магистрального приемника на микросхеме КР559ИП11. Выходной сигнал датчика поступает на ЭВМ с использованием устройства сбора данных National Instruments USB-6009 через вход PFI0, осуществляющий подсчет спадающих фронтов импульсов с помощью 32-разрядного счетчика с максимальной частотой входного сигнала 5 МГц. Обработка сигнала с датчика осуществляется в графической среде программирования NI LabVIEW. Для определения скорости подачи проволоки использовали алгоритм подсчета количества поступивших импульсов за заданный интервал времени с последующим пересчетом в линейную скорость подачи проволоки. Результаты измерений отображаются на компьютере и могут быть сохранены в память для последующего анализа.

Разработанный датчик использован для исследования динамики скорости подачи проволоки сварочного аппарата Оливер ПРОФИ 500, проволокоподающее устройство которого реализовано на базе мотор-редуктора 120SN10-CQ с двигателем постоянного тока с печатным якорем на номинальное напряжение 24 В. Реализованные алгоритмы программного управления скоростью подачи проволоки позволяют значительно расширить технологические возможности дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах.

УДК 621.791.763.2
ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕНОСА ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА
ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕМЕННОГО СОСТАВА
ЗАЩИТНОЙ ГАЗОВОЙ АТМОСФЕРЫ

А. О. КОРОТЕЕВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Одним из перспективных направлений управления технологическими характеристиками процесса дуговой сварки является модификация состава защитной газовой атмосферы. Это эффективный инструмент воздействия на условия горения дуги и переноса электродного металла, а также на интенсивность и особенности протекания физико-металлургических процессов в сварочной ванне, определяющие комплекс механических свойств и эксплуатационных характеристик сварного соединения.

В докладе приведены результаты исследований переноса электродного металла в условиях дуговой сварки с двухструйной независимой коаксиальной подачей компонентов защитной газовой среды (аргон и CO_2) в зону горения дуги. Газодинамическое взаимодействие потоков реализует механизм создания переменного состава атмосферы по вертикальной и горизонтальной осям. При этом условия, в которых находится торец плавящейся присадочной проволоки и жидкая сварочная ванна, существенно отличаются друг от друга окислительным потенциалом омывающего газа. Кроме того, при изменении параметров режима сварки и расхода компонентов защитной газовой смеси эти условия будут меняться по определенным, установленным нами, закономерностям.

Ранее было установлено, что формирование переменного состава защитной газовой атмосферы оказывает влияние на характер плавления присадочной проволоки и способствует повышению частоты переноса электродного металла через дуговой промежуток. Между тем механизм этого воздействия до конца не исследован.

При помощи скоростной видеосъемки и регистрации осциллограмм силы сварочного тока и напряжения на дуге установлены действительные размеры капель электродного металла при сварке с использованием различных значений параметров режима и расходов газовых компонентов. Определены условия возникновения струйного переноса электродного металла и его характеристики.

Управление распределением концентраций компонентов в защитной атмосфере позволяет создавать наиболее эффективные условия для плавления присадочной проволоки и переноса электродного металла через дуговой промежуток с минимальными потерями на разбрызгивание.

УДК 621.79

СВАРКА ФЛАНЦЕВЫХ УПЛОТНЕНИЙ

А. Г. ЛУПАЧЕВ, В. П. ДОЛЯЧКО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Фланцевые уплотнения применяют для предотвращения выхода технологической среды из сосуда, находящегося под избыточным давлением в условиях высоких температур и радиации.

Уплотнение изготавливают из никель-кобальтовой проволоки диаметром 5 мм в виде кольца, сваренного стыковым швом. Сварку уплотнения выполняли способом 141 в инвентарной медной форме.

Непроницаемость соединения, крышка–корпус реактора, достигается за счет пластического деформирования проволочного уплотнения в канавки крышки реактора. Поэтому основной характеристикой проволочного уплотнения и сварного соединения является высокая пластичность.

Для исследования свойств сварного соединения фланцевого уплотнения изготовлен имитатор главного разъема реактора. Конструктивно он выполнен в виде массивной пластины из перлитной стали с наплавкой толщиной 9 мм из аустенитной стали. В аустенитной наплавке сделаны две параллельные канавки для вдавливания уплотнения. По химическому составу и механическим свойствам имитатор полностью соответствует главному разъему реактора.

Исследовали влияние количества замены уплотнений на геометрию формирующих канавок. Установлено, что геометрия канавок изменяется при первых пяти запрессовках и не превышает 0,06 мм. Дальнейшая запрессовка не влияет на геометрические характеристики формирующих канавок. При этом микротвердость образующих канавок возрастает с 220 HV-10 до 230 HV-10.

Микротвердость уплотнительного кольца в состоянии поставки составляет 110...120 HV-1, а после деформирования достигает 140 HV-1.

Микротвердость отдельных участков сварного шва не превышает 170 HV-1, что ниже значений для образующих формирующих канавок.

Тем не менее экспериментально определенные значения микротвердости превышают характеристики, указанные на паспорт проволоки для уплотнения. Снизить эти значения можно путем выполнения местной термической обработки: отжиг в безокислительной атмосфере под слоем древесного угля.

УДК 621.791.763.2
 ВЛИЯНИЕ УСИЛИЯ СЖАТИЯ ЭЛЕКТРОДОВ НА ТЕПЛОВЛОЖЕНИЕ
 В МЕЖЭЛЕКТРОДНУЮ ЗОНУ ПРИ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКЕ

А. Ю. ПОЛЯКОВ, В. П. КУЛИКОВ, А. А. СТЕПАНОВ
 Белорусско-Российский университет
 Могилев, Беларусь

Контактная рельефная сварка (далее – КРС) позволяет получать неразъемные соединения двух и более деталей за один цикл, а обязательным условием является наличие рельефов на некоторых из них.

При подаче напряжения во вторичный контур сварочной контактной машины сопротивление межэлектродной зоны $R_{ЭЭ}$ (как источник выделения тепловой энергии при КРС) динамично изменяется вплоть до момента выключения сварочного тока. Изменение $R_{ЭЭ}$ связано со следующими параметрами: форма синусоидального сигнала напряжения, пропорционального току и задаваемого первоначально на регуляторе цикла сварки; собственные сопротивления свариваемых деталей; сопротивления контактов «деталь – деталь»; сопротивления контактов «электрод – деталь»; усилие сжатия электродов $F_{СВ}$.

Расчет основного параметра режима КРС – сварочного тока $I_{СВ}$ – осуществляется в соответствии с законом Джоуля – Ленца; заданным значением длительности протекания тока $\tau_{СВ}$; заданным значением энергии $Q_{ЭЭ}$, необходимой для ввода в межэлектродную зону; значением $R_{ЭЭ}$ в момент выключения тока; коэффициентом неравномерности изменения $R_{ЭЭ}$ в процессе сварки.

Понятие «теплосодержание металла», геометрические характеристики свариваемых деталей и теплофизические свойства металлов деталей и электродов в совокупности позволяют для конкретного (заданного) значения $\tau_{СВ}$ определить параметр $Q_{ЭЭ}$ (по уравнению теплового баланса УТБ).

При этом анализ сигналов напряжения, пропорционального сварочному току, и напряжения межэлектродной зоны позволяет экспериментально определить значение $R_{ЭЭ}$ в момент выключения тока.

Особенность процесса КРС состоит в том, что при различных значениях параметра $F_{СВ}$ кривые изменения величины $R_{ЭЭ}$ также различны.

По этой причине становится весьма проблематичным непосредственно в процессе сварки расчетным током обеспечить ввод в межэлектродную зону расчетного количества энергии по УТБ. При этом в литературе по сварке давлением отсутствуют номограммы, отражающие влияние параметра $F_{СВ}$ на характер изменения кривых $R_{ЭЭ}$ и $Q_{ЭЭ}$ с привязкой к структурному состоянию формируемых соединений (с расплавлением металла или в твердом состоянии).

УДК 621.791.763.1

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШКАФНЫХ
РЕГУЛЯТОРНЫХ ПУНКТОВ МЕТОДАМИ
ТРЕХМЕРНОГО КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А. Н. СИНИЦА, М. А. СИНИЦА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Сварные шкафные газорегуляторные пункты (ШРП), как правило, изготавливаются для конкретного заказчика с учетом его технических требований. Производитель стремится изготовить ШРП в максимально сжатые сроки, снизить его себестоимость и при этом сохранить высокое качество газорегуляторного пункта. Важнейшим звеном в изготовлении ШРП является проектирование. Технический уровень проекта влияет и на качество, и на себестоимость, и на сроки. Использование высокопроизводительных методов IT-технологий позволяет проектировать ШРП на ином качественном уровне.

В 2019 г. в СПМК «Газстроймонтаж» при технической поддержке специалистов Белорусско-Российского университета внедрён метод проектирования ШРП с использованием трехмерного компьютерного моделирования.

На основе библиотеки 3D-моделей компонентов газопровода (трубы, отводы, краны, манометры и т. д.) и в полном соответствии со схемой создается его трехмерная модель. Внешний вид, размеры модели и ее расположение в пространстве полностью реалистичны. На основе модели определяются габариты будущего шкафа ШРП и моделируется сам шкаф. В процессе проектирования конструктор назначает все размеры руководствуясь требованиями ТНПА и стремлением создать компактную, удобную в эксплуатации установку. Трёхмерная модель позволяет проектировщику в течение относительно короткого промежутка времени проанализировать несколько вариантов конструкторских решений и выбрать оптимальный.

На основе компьютерной модели автоматически генерируется комплект чертежей технологических узлов, деталей и сборочных единиц газопровода и шкафа.

Использование трёхмерного компьютерного моделирования позволило в среднем на 2...3 дня сократить сроки изготовления ШРП за счёт параллельного изготовления шкафа и его «начинки» (газопровода). Кроме того, оптимизация размеров газопровода и шкафа привела к снижению металлоёмкости ШРП. Так, объём шкафа уменьшается на 20...25 %, что приводит к снижению веса только профильных труб каркаса на 15...18 %.

УДК 621.791.763
ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗООБРАЗНЫХ ГАЛОИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
В СОСТАВЕ ЗАЩИТНОЙ ГАЗОВОЙ АТМОСФЕРЫ
ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ

Е. А. ФЕТИСОВА, А. О. КОРОТЕЕВ, В. П. КУЛИКОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Как известно, при дуговой сварке в защитных газах выбор защитной газовой атмосферы оказывает существенное влияние на физико-металлургические процессы, протекающие в дуговом промежутке, в частности на плавление присадочной проволоки и перенос электродного металла, на свойства сварных соединений и технологические возможности процесса. От состава газовой защиты зависит напряжение на дуге и устойчивость её горения, глубина проплавления, формирование сварного шва и т. д. Поэтому выбор состава защитной газовой среды является немаловажным вопросом при дуговой сварке.

Использование галоидных соединений, таких как VF_6 , BCl_3 , CF_4 , BCl_3 , CCl_2 , SF_5 , SF_6 в составе защитной газовой среды при сварке известно давно. Большинство газообразных галоидных соединений являются весьма токсичными и химически активными веществами. В связи с этим при сварке следует использовать только нетоксичные и химически инертные при нормальных условиях соединения. Одним из таких галоидных соединений является гексафторид серы SF_6 (элегаз).

Введение гексафторида серы в дуговую атмосферу позволяет существенно увеличить глубину и характер проплавления за счет повышения напряжения на дуге, а также ее сжатия.

Вместе с тем, от воздействия высокой температуры дуги гексафторид серы диссоциирует с образованием свободного фтора и серы. Сера, являясь вредной примесью для большинства используемых материалов и сплавов, снижает значения показателей механических свойств сварных соединений.

Однако данные об определении введения оптимального количества галоидных соединений в состав защитного газа и их влияния на количество содержания серы в наплавленном металле, а также воздействие на физико-металлургические процессы, происходящие в зоне сварки, изучены недостаточно. Поэтому исследования в данном направлении являются актуальными.

В докладе приведены результаты исследований по влиянию количества вводимого SF_6 в защитную газовую атмосферу на насыщение жидкого металла сварочной ванны серой. Гексафторид серы добавляли к смеси ($\text{Ar} + \text{CO}_2$) и углекислому газу в количестве 2,5 % от газовой защитной среды. Установлено, что содержание серы возросло на 0,0244 % соответственно, что не оказывает существенного влияния на процессы, происходящие в зоне дугового промежутка.

УДК 621.791.763.2

ИЗМЕРЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПОДВИЖНОГО ЭЛЕКТРОДА
ПРИ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКЕ ОПТОЭЛЕКТРОННЫМ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

С. М. ФУРМАНОВ, Д. Н. ЮМАНОВ, И. Н. СМОЛЯР
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

При автоматическом регулировании мощности тепловложения при рельефной сварке в качестве сигнала обратной связи использовали величину и скорость перемещения подвижного электрода, которые имеют чёткую взаимосвязь со степенью деформации рельефа.

Управление мощностью тепловложения в корректирующей системе производили таким образом, чтобы временная диаграмма перемещения подвижного электрода приближалась к «идеальной» кривой, характерной для данного режима сварки.

Для получения информации о перемещении верхнего подвижного электрода при рельефной сварке использовали оптоэлектронный преобразователь линейных перемещений ЛИР-17 со штоком, который позволяет измерять контактным методом перемещения с точностью $0,1 \dots 10$ мкм. На выходах преобразователя ЛИР-17 формируются дискретные прямоугольные импульсные сигналы типа ПИ (TTL), которые считаются реверсивным счетчиком, реализованным в программе LabVIEW.

Так как величина перемещения подвижного электрода $h_{эл}$ сама по себе не имеет четких ориентиров, для ее конкретизации в пространстве требуется выбрать начальную точку отсчета. Наиболее удобным вариантом выбора является момент касания подвижного электрода и детали при предварительном сжатии, при этом начальная точка определяется высотой зазора, равной высоте рельефа: $h_z = h_p$. По истечении времени предварительного сжатия высота рельефа h_p несколько уменьшается, что определяется увеличением контактной площадки между рельефом и деталью под воздействием усилия сжатия и степенью внедрения рельефа в деталь.

Датчик перемещения электрода при протекании тока подогрева можно использовать для определения времени нарастания мощности сварки от подогрева до максимальной.

При оптимальном ходе процесса рельефной сварки зазор между деталями, определяемый степенью деформации рельефа, должен быть больше некоторой минимально допустимой величины $h_{z \min}$, необходимой для предотвращения соприкосновения деталей по большой площади. Таким образом, достижение минимального зазора $h_{z \min}$, определяемого по графику перемещения электрода, является сигналом перехода от сварки к термообработке или сигналом выключения тока, если термообработка не требуется.

УДК 621.791

ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИКО-ВОЛОКОННОГО АППАРАТА
ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ
ХРОМОНИКЕЛЕВЫХ ПОКРЫТИЙ СИСТЕМЫ Cr-Ni-Si-B

И. И. ЦЫГАНКОВ, Д. Я. ЯКУБОВИЧ, С. Г. АТАМАНОВ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Известны методы получения износостойких покрытий по технологии плазменного и газопламенного напыления с последующим оплавлением напыленного слоя. Данный технологический процесс включает в себя дробеструйную обработку изделия, плазменное или газопламенное напыление порошка, оплавление покрытия газовым пламенем, ТВЧ, или же в камерной печи с контролируемой атмосферой. При этих технологических процессах нагрев деталей с нанесённым покрытием производится до температуры $t \approx 1050$ °С.

Авторами была исследована и практически отработана возможность применения оптико-волоконного аппарата лазерной сварки DPH-1000 для получения износостойких хромоникелевых покрытий системы Cr-Ni-Si-B на низкоуглеродистых сталях.

Установлено, что наиболее эффективно проводить подготовку поверхности под нанесение покрытия дробеструйной обработкой, либо зачисткой абразивными материалами. При этом важным условием является полное удаление слоя окалины в случае использования горячекатаных сталей.

Для сцепления порошка с поверхностью изделия использовался насыщенный раствор борной кислоты H_3BO_3 , после чего проводилась сушка детали в печи при температуре 80 °С в течении 30 мин. Это позволяет достаточно прочно закрепить слой порошка толщиной около 2 мм на поверхности изделия для последующего оплавления.

Установлено, что использование для оплавления нанесенного таким образом слоя порошка оптико-волоконного аппарата лазерной сварки с вращающимся лучом является эффективным методом и существенно превосходит дуговые способы, основным недостатком которых является «сдутие» порошка давлением плазмы дуги и струи защитного газа.

Для определения характеристик нанесенного слоя проводились измерения твердости. Твердость покрытия составила 50...51 HRC.

Таким образом, разработан технологический процесс, включающий использование лазерного луча в качестве источника нагрева для оплавления предварительно нанесенного при помощи раствора борной кислоты хромоникелевого порошка системы легирования Cr-Ni-Si-B, позволяющий получить износостойкие покрытия без предварительного нагрева основного металла. Технология лишена недостатка, связанного с повышенным расходом порошка из-за его сдувания плазмой дуги и мощным потоком защитного газа в случае дуговых способов оплавления.

УДК 621.791

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ РАБОТАЮЩИХ
ПОД ДАВЛЕНИЕМ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ,
ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ СВАРКИ

М. Ю. ЧЕШКО

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

На территории Евразийского экономического союза действует Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 032/2013 *О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением*, действие которого в том числе распространяется на трубопроводы для газов, паров и жидкостей.

Подтверждение соответствия трубопроводов предусмотрено двумя формами: сертификация и декларирование соответствия.

подавляющее большинство трубопроводов изготавливается с помощью сварки, от которой в конечном счете зависит качество и безопасность трубопроводов и объекта промышленности в целом.

Подтверждение соответствия осуществляется по схемам сертификации и декларирования соответствия, которые изложены в ТР ТС 032/2013, с учетом «Типовых схем оценки соответствия», утвержденных решением Совета Евразийской экономической комиссии от 18 апреля 2018 г. № 44. Любая из применяемых схем включает проведение испытаний трубопроводов и/или его составных частей, узлов. Подавляющее количество испытаний относится к сварным соединениям, сварным швам, так как они являются связующими частями элементов трубопроводов и не должны иметь внешних или внутренних дефектов (повреждений), которые могут повлиять на безопасность трубопроводов, а минимальные значения механических характеристик сварных соединений трубопроводов должны быть не ниже минимальных значений механических характеристик соединяемых материалов.

Для подтверждения качества трубопроводов, полученных с помощью сварки, необходимо использовать неразрушающие (для определения дефектов, повреждений) и разрушающие методы контроля (для определения механических свойств), а также гидравлические и (или) пневматические испытания. В свою очередь, разрушающие методы контроля проводятся на контрольных образцах, которые должны быть выполнены при изготовлении трубопровода.

Однако в настоящее время в Республике Беларусь проверку механических свойств сварных соединений при изготовлении трубопроводов зачастую не проводят, ограничиваясь применением только неразрушающих методов контроля и гидравлических и (или) пневматических испытаний, что не может в полной мере говорить о качестве изготовленного трубопровода.

УДК 629.114.2

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СЦЕПЛЕНИЯ ПО АНАЛИЗУ
ПРОЦЕССА ТРОГАНИЯ АВТОМОБИЛЯ С МЕСТА

Г. Л. АНТИПЕНКО, В. А. СУДАКОВА

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Одним из важных элементов механических трансмиссий является сцепление. В процессе эксплуатации автомобиля ведущие и ведомые диски изнашиваются, что приводит к нарушению регулировки привода сцепления. На некоторых маршрутных такси регулировочные работы рекомендуется проводить через каждые 5 тыс. км пробега, что не только увеличивает затраты в эксплуатации, но и снижает эффективность использования транспорта.

Поскольку современные автомобили оснащены бортовыми системами управления и диагностики, то техническое состояние сцепления механической трансмиссии целесообразно отслеживать в процессе эксплуатации компьютерными средствами, не прибегая к частым и трудоемким техническим обслуживаниям на основе субъективных ощущений водителя или механика. Но для этого необходимо разработать алгоритмы, позволяющие максимально использовать имеющиеся информационные средства бортовых систем как дополнительную опцию. Доступ к информации от датчиков бортовой системы регламентирован протоколом обмена информацией Европейским стандартом EOBD.

Мониторинг технического состояния сцепления можно проводить, анализируя процесс трогания автомобиля с места. Износ фрикционных накладок ведомого диска, нарушение регулировки привода сцепления приводят либо к затянутости замыкания сцепления, приводящего к повышенной работе буксования, либо к резкому включению, вызывающему рывки при трогании и дополнительные динамические нагрузки на двигатель и трансмиссию. Поскольку плавность замыкания сцепления контролирует сам водитель, то для оценки состояния сцепления при различных темпах отпускания педали сцепления и скоростного режима работы двигателя, необходимо их рассматривать в функции перемещения педали сцепления. Поскольку сцепление имеет коэффициент запаса в пределах 1,2...1,4, то при отпускании педали автомобиль тронется раньше, чем будет выбран весь ход педали. Следовательно, если установить положение педали сцепления при полном замыкании дисков, то можно с уверенностью констатировать, имеется ли запас сцепления и находится оно в удовлетворительном состоянии или нет. При этом темп замыкания сцепления большой роли не играет, поскольку момент замыкания дисков при идентичных условиях испытаний будет одним и тем же.

УДК 621.926

ДРОБИЛКА С ВЕРТИКАЛЬНЫМ ВАЛОМ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В. В. БЕРЕСНЕВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В многоярусных дробилках с вертикальным валом процесс измельчения происходит в результате соударения ударных элементов с частицами материала. Материал под действием собственного веса перемещается сверху вниз, попадая в зону измельчения каждого последующего яруса. При этом частицы материала приобретают угловую скорость. В результате данного воздействия материал движется по винтовой траектории. На каждую частицу материала действует вес G и центробежная сила, которая прижимает материал к стенкам корпуса дробилки:

$$F_a = mR\omega^2,$$

где m – масса частицы материала, кг; R – внутренний радиус корпуса дробилки, м; ω – угловая скорость частицы, с^{-1} .

Для разрушения частицы материала необходима определенная линейная скорость ударного элемента. При этом, чем выше линейная скорость ударного элемента, тем выше линейная скорость измельченной частицы, а следовательно, больше и центробежная сила, прижимающая частицу к корпусу дробилки. При малых размерах измельчаемых частиц их вес, который способствует перемещению частиц от верхних ярусов к нижним, несоизмеримо мал и происходит зависание материала на нижних ярусах, а следовательно, и уменьшение производительности дробилки.

Разработана конструкция дробилки с вертикальным валом для получения дисперсных материалов (рис. 1), позволяющая исключить данный недостаток путем создания в камере дробления воздушного потока, способствующего перемещению материала верхних ярусов к нижним.

Основными отличиями представленной конструкции являются наличие воздухозаборных отверстий и загрузка материала не сверху, как в классических схемах, а сбоку.

Дробилка работает следующим образом: при вращении вала 5 бил-вентилятор 2 создает в камере дробления воздушный поток, который перемещается от воздухозаборных отверстий 1 до выгрузного отверстия 6. При загрузке материала через бункер 3 материал под действием силы тяжести и воздушного потока поступает на первый ярус рабочих элемен-

тов 4. В результате соударения материал проходит первую стадию измельчения и частично может рикошетить вверх под некоторым углом, попадая в зону действия бил-вентиляторов 2. В результате соударения с наклонной поверхностью бил-вентиляторов 2 материал отскакивает обратно в зону действия рабочих элементов 4.

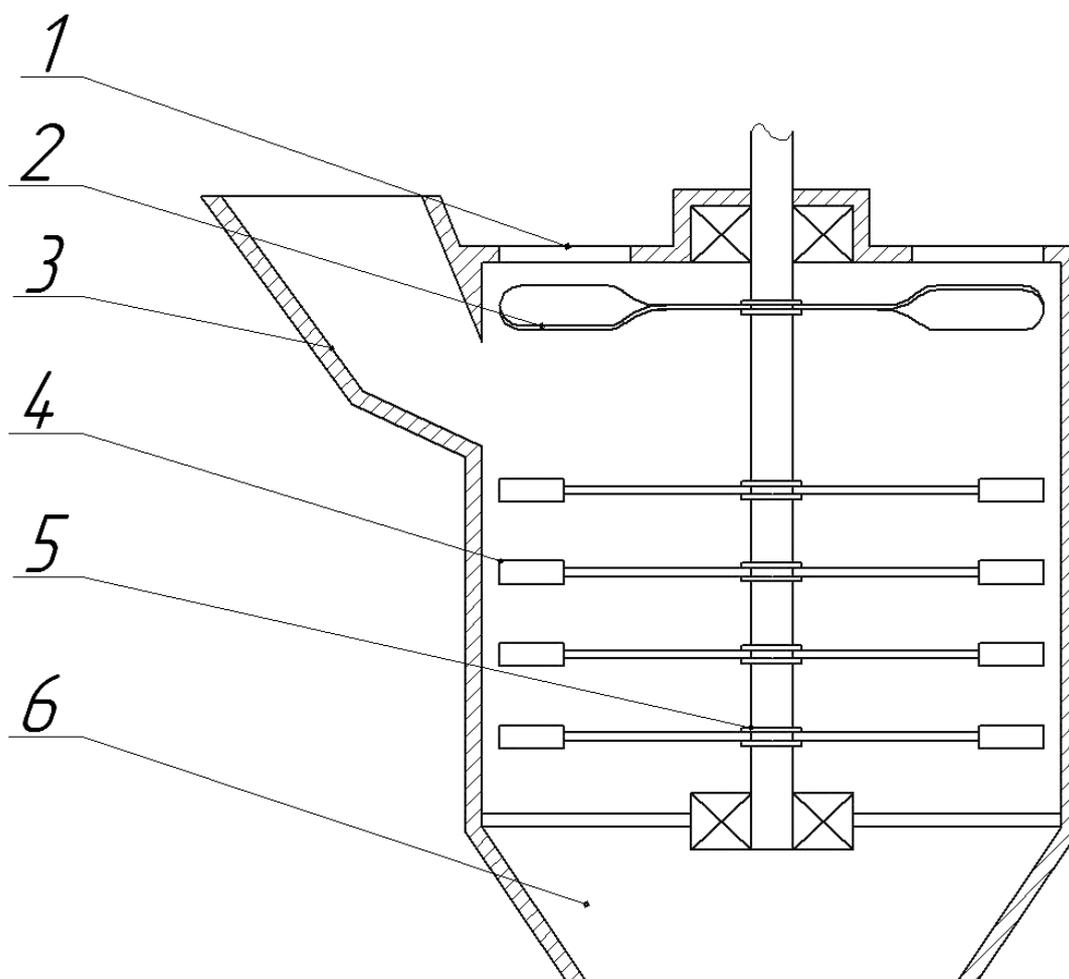


Рис. 1. Схема дробилки с вертикальным валом для получения дисперсных материалов: 1 – воздухозаборные отверстия; 2 – бил-вентилятор; 3 – бункер; 4 – рабочий элемент; 5 – вал; 6 – выгрузное отверстие

После прохождения измельчения на первом ярусе рабочих элементов 4 материал под действием силы тяжести и воздушного потока поступает на второй и последующие ярусы.

Применение предложенной схемы позволит избежать зависания материала на нижних ярусах, а следовательно, увеличить производительность дробилки.

УДК 621.873.2/3
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ
ГЛАВНОЙ БАЛКИ КОЗЛОВОГО КРАНА

А. А. БОБРОВ, И. В. ЛЕСКОВЕЦ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

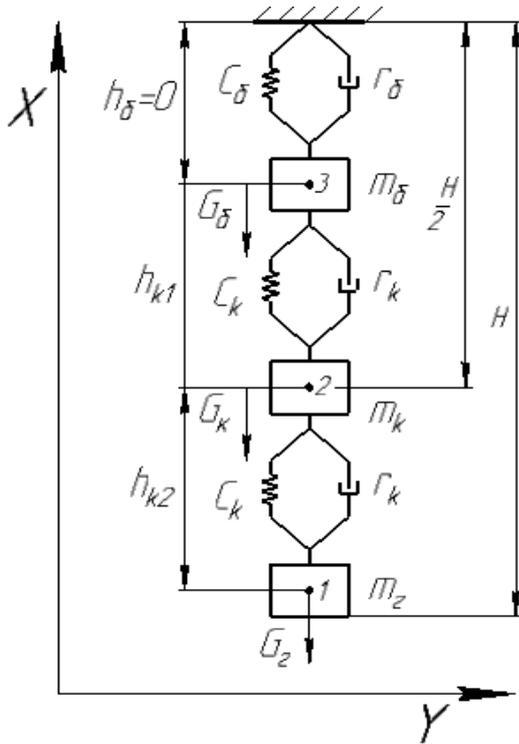


Рис. 1. Расчётная схема

Первым этапом по разработке новых методов, позволяющих добиться снижения массы металлоконструкции крана, а также прогнозировать их работоспособность и ресурс, является построение динамической модели крана.

Построим динамическую модель с учётом упругих и диссипативных сил для случая, при котором груз повешен на канате длиной H , закреплённом на главной балке, распределённые массы главной балки и каната заменим сосредоточенными (рис. 1). По данной расчётной схеме, на основе уравнений равновесия плоской системы сил, составим систему дифференциальных уравнений, состоящую из уравнения движения груза массой m_r , каната массой m_k и главной балки массой m_6 .

$$\begin{cases} m_r \cdot \frac{dv_r}{dt} = G_r - C_k \cdot \Delta h_{k1} + r_k \cdot \left(\frac{dx_k}{dt} - \frac{dx_r}{dt} \right); \\ m_k \cdot \frac{dv_k}{dt} = G_k - C_k \cdot \Delta h_{k2} + r_k \cdot \left(\frac{dx_6}{dt} - \frac{dx_k}{dt} \right) + C_k \cdot \Delta h_{k1} - r_k \cdot \left(\frac{dx_k}{dt} - \frac{dx_r}{dt} \right); \\ m_6 \cdot \frac{dv_6}{dt} = G_6 - C_6 \cdot \Delta h_6 + r_6 \cdot \frac{dx_6}{dt} + C_k \cdot \Delta h_{k2} - r_k \cdot \left(\frac{dx_6}{dt} - \frac{dx_k}{dt} \right); \end{cases}$$

где v_r, v_k, v_6 – скорость перемещения груза, каната, главной балки соответственно; G_r, G_k, G_6 – сила тяжести груза, каната, главной балки соответственно; C_k, C_6 – жёсткость каната и главной балки; r_k, r_6 – коэффициент диссипативных сил в канате и главной балке; h_{k1}, h_{k2}, h_6 – длина элемента в вертикальном направлении, соответственно каната и балки.

УДК 621.926

ОБЗОР ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
СТРОИТЕЛЬНЫХ МЕЛЬНИЦ

В. А. КЕМОВА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Известно довольно много различных типов машин и агрегатов, применяемых для производства строительных материалов. Все они должны иметь простую конструкцию, которая бы обеспечивала удобство и безопасность обслуживания, предохранительные устройства, экономичность. Конструкция также должна отвечать санитарно-гигиеническим нормам звуковой вибрации, давления и запыленности воздуха.

Известны пружинные мельницы, измельчающий орган которых выполнен в виде дугообразно изогнутой пружины, концы которой установлены в опорах и связаны с приводом вращения [1].

Для решения задачи по дальнейшему снижению энергоемкости процесса измельчения, а также упрощению конструкции измельчительного агрегата может быть предложена пружинная мельница с измельчающими элементами, выполненными в виде пакетов цилиндрических пружин или в виде секций, разделенных между собой ограничителями осевого перемещения [2].

Еще одним вариантом измельчающего органа пружинной мельницы может быть одна или несколько пружин, выполненных в виде спирали Архимеда [3]. Большая контактная поверхность мелющей загрузки, равномерность и упорядоченность рабочих зон позволят получить достаточно высокую степень измельчения исходного продукта, а также повысить производительность процесса.

Также в качестве перспективной конструкции можно упомянуть рессорную мельницу, рабочим элементом которой является рессора с заданными размерами определенного поперечного сечения (квадратного, круглого, прямоугольного). Производя определенные расчеты можно выбирать оптимальное количество рабочих элементов (рессор).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Сиваченко, Л. А.** Поставьте пружину – и все развалится / Л. А. Сиваченко, В. А. Шуляк, С. Л. Бочков // Наука и жизнь. – 1992. – № 4. – С. 46–47.
2. Пружинная мельница: пат. ВУ 14934 / В. А. Кемова [и др.]. – Оpubл. 30.10.2011.
3. Спиральная мельница: пат. ВУ 14924 / В. А. Кемова [и др.]. – Оpubл. 30.10.2011.

УДК 629.1

СТЕНД ДЛЯ ОЦЕНКИ КПД ДИФФЕРЕНЦИАЛА

Е. В. КУЗНЕЦОВ, А. М. КУРГУЗИКОВ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Для испытаний узлов трансмиссий применяют как прямоточные тормозные стенды, так и стенды с замкнутыми силовыми контурами [1]. В первом случае между двигателем и тормозом-нагрузателем устанавливается исследуемый механизм – сцепление, коробка передач, раздаточная коробка, ведущий мост. Такие стенды применяют, как правило, для краткосрочных испытаний. Требуемый режим испытаний задаётся с помощью скоростного режима двигателя и нагрузочного режима тормоза-нагрузателя. Именно такой стенд (Моторно-динамический № 2) изготовлен на кафедре «Транспортные и технологические машины».

Важной особенностью Моторно-динамического стенда № 2 является наличие двух электропорошковых с жидкостным охлаждением тормозов-нагрузателей, присоединённых к приводным валам трансмиссии. Поэтому, задавая на них с помощью блоков питания В-24 разные тормозные моменты, можно моделировать работу двигателя и трансмиссии машины на повороте с различной кривизной.

Схема стенда для оценки КПД или коэффициента блокировки межколёсного дифференциала представлена на рис. 1.

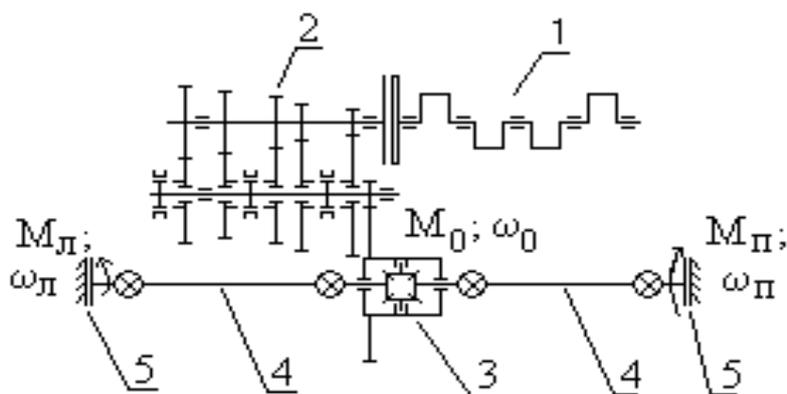


Рис. 1. Схема стенда по определению КПД дифференциала: 1 – двигатель; 2 – коробка передач; 3 – дифференциал; 4 – приводные валы; 5 – электропорошковые тормоза

КПД дифференциала оценивается по зависимости

$$\eta_{\text{диф}} = \frac{M_{\text{п}} \omega_{\text{п}} + M_{\text{л}} \omega_{\text{л}}}{M_0 \omega_0},$$

где $M_{л}$, $M_{п}$ – крутящие моменты на левом и правом приводном валу; $\omega_{л}$, $\omega_{п}$ – угловые скорости левого и правого приводного вала; M_0 , ω_0 – момент и угловая скорость корпуса дифференциала.

Для измерения нагрузочных крутящих моментов на данном стенде применён метод оценки реактивных моментов тормозов-нагружателей. Для измерения частот вращения приводных валов используется тахометр часового типа, коническая насадка которого при измерении прижимается к центрному отверстию определённого вала тормоза.

Данный стенд также используется для снятия характеристик двигателя с принудительным воспламенением и распределённым впрыском бензина.

Управление порошковыми тормозами осуществляется с помощью блоков питания В-24. Регистрация тормозных моментов производится по показаниям индикаторов часового типа указанных электропорошковых тормозов. С помощью тахометра часового типа ТЧ-10 измеряются частоты вращения приводных валов.

Угловая скорость корпуса дифференциала определяется по показаниям штатного тахометра (комбинация приборов ВАЗ-2110) с учётом передачи $u_{кп}$, на которой производятся испытания и главной передачи u_0 .

Крутящий момент на корпусе дифференциала оценивается как

$$M_0 = u_{кп} u_0 M_{д} = u_{кп} u_0 100 \gamma_{д.от} / n_{д.от},$$

где $\gamma_{д.от}$ – относительное текущее положение рычага подачи топлива,

$$\gamma_{д.от} = \frac{\gamma_{д} - 8^{\circ}}{53^{\circ} - 8^{\circ}};$$

$n_{д.от}$ – относительная частота вращения вала двигателя,

$$n_{д.от} = \frac{n_{д} - 800}{5000}.$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Цимбалин, В. Б.** Испытания автомобилей / В. Б. Цимбалин. – Москва: Машиностроение, 1978. – 199 с.

УДК 629.114.2:621.828.6

О ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ
ПРИ ПОВОРОТЕ ГУСЕНИЧНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ

А. В. КУЛАБУХОВ, А. П. СМОЛЯР
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Современные тенденции проектирования машин для дорожного строительства направлены на усовершенствование конструкций механизмов. Преследуемой целью является последующая экономия энергетических ресурсов, которые расходуются при эксплуатации такой техники. Значительный объем работ при строительстве дорог приходится на землеройно-транспортные работы. На территории Республики Беларусь достаточная площадь поверхности приходится на грунты с невысокой несущей способностью и всесезонное использование машин на таких грунтах обусловлено трудностями, которые связаны с проходимостью и необходимостью развития больших тяговых усилий. Поэтому при строительстве дорог значительную часть при выполнении землеройно-транспортных работ осуществляют машины на гусеничном ходу.

Исследования разных видов машин с гусеничным движителем в реальных условиях эксплуатации показали, что наиболее энергоемкими режимами при движении таких машин являются процессы поворота и разворота.

Для уменьшения энергозатрат при повороте машины на гусеничном ходу предлагается выполнять грунтозацепы в виде дисков и устанавливать их в гусеничную цепь под углом к направлению движения с возможностью вращения.

Это позволит во время поворота или разворота гусеничного транспортного средства перекачиваться его движителю в направлении перпендикулярном направлению движения. При повороте гусеничного транспортного средства грунтозацепы посредством шарнирного соединения проворачиваются в плоскости находящейся под углом к направлению перемещения транспортного средства, что позволяет уменьшить сопротивление, возникающее во время поворота при перемещении традиционных грунтозацепов в грунте.

За счет этого снижается сопротивление, возникающее при повороте гусеничного транспортного средства. Также данная конструкция позволит уменьшить износ грунтозацепов в вертикальной плоскости из-за их равномерного изнашивания по периметру окружности, ограничивающей форму грунтозацепов.

УДК 621.828.6
О МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН С ГРУНТОМ

А. В. КУЛАБУХОВ, А. П. СМОЛЯР
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

На современном этапе разработки новых инженерных решений в технике широкое распространение получили различного рода системы автоматизированного проектирования, позволяющие разработать не только необходимую техническую и технологическую документацию, но и провести исследования по оптимизации конструкции, основываясь на анализе математических моделей разрабатываемой продукции. Однако анализ научно-технических литературных источников, освещающих современные проблемы проектирования рабочих органов машин для земляных работ, позволяет заключить, что до настоящего времени задача моделирования взаимодействия режущих элементов землеройных машин с грунтом является не полностью решенной.

Большинство теорий позволяет получить расчетные значения геометрических и силовых параметров, однако эти теории либо не в полной мере описывают процессы, происходящие при резании грунтов, либо разработаны только для конкретного типа рабочего органа. Так, например, при резании грунтов значение угла сдвига грунта принимается величиной постоянной, зависящей лишь от угла внутреннего трения. Результаты исследований авторов позволяют заключить, что угол сдвига грунта зависит и от ряда других параметров [1, 2]. Также существующие аналитические теории не учитывают тот факт, что разрушение грунта состоит из двух фаз: разрушения массива ненарушенной структуры при внедрении режущего элемента и вытеснения отделенной призмы грунта вдоль поверхности ножа, вследствие изменения граничных условий на образовавшейся площадке сдвига, хотя данные явления наблюдались при проведении экспериментальных исследований [1].

Разработанная авторами методика позволяет определять геометрические и силовые параметры с учетом изменения угла резания, учитывает две фазы разрушения грунта, применима для большинства рабочих органов машин для земляных работ и грунтозацепов гусеничных движителей и может быть использована как самостоятельно, так и интегрирована в современные САПР после соответствующей доработки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берестов, Е. И. Сопротивление грунтов резанию: монография / Е. И. Берестов, А. П. Смоляр. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2008. – 179 с.
2. 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
ПРИМЕНЕНИЕ АКТИВАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ
ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В ГИДРОФОБНОМ СОСТОЯНИИ

А. М. КУРГУЗИКОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Поиск технологии и оборудования для обработки волокнистых материалов с повышенной гидрофобностью (ВМПГ) привел к необходимости разработки активаторного оборудования с пружинным рабочим органом (ПРО) и проведения технологических испытаний. Обзор имеющегося в настоящее время оборудования показал исчерпанный потенциал простого (односложного) механического воздействия на измельчаемый материал.

Наличие проблемы подтверждается высокой энергоемкостью процессов обработки ВМПГ; снижение энергозатрат на каждом технологическом переделе продукта должно способствовать интенсификации процесса и, самое важное, получению материалов с уникальными свойствами, что даст в общем объеме весьма значительный экономический эффект.

На практике применение активаторного оборудования с ПРО осуществлялось в рамках испытания технологических возможностей пилотного образца активатора на базе ОАО «ТБЗ Усяж». Важнейшим этапом работы был этап расчета процентного содержания различных окислителей, их сочетания между собой и несущей субстанцией – торфом. Второй проблемой, решаемой в данном исследовании, была разработка технологии и режимов активации непосредственно для оборудования с ПРО.

Эффективность процесса оценивалась по результатам анализа полученных сухих гуматов (СГ), применяемых в почвогрунтах для восстановления плодородия (растворимость, щелочность, кислотность и биологическая активность и др.).

Были получены четыре типа СГ с пятым контрольным образцом неактивированного торфа.

Переменными факторами процесса обработки были назначены время, последовательность загрузки, температура в камере активатора и количество окислителя. Пробы отбирались, маркировались и исследовались в сертифицированных лабораториях института природопользования НАН Беларуси. Результаты эффективности переработки торфа на получение сухих гуматов приведены в табл. 1 (на растворимость, зольность и массовую долю гуминовых веществ).

Результатом анализа механоактиваторной обработки представляется увеличение доли гуминовых веществ в 1,26 раза, массовой доли гуминовых кислот – в 3,8 раза, фульвовых кислот – в 1,48 раза, растворимости – в воде в 3,4 раза; зольность увеличилась в 3,2 раза.

Необходимость внедрения наиболее совершенных и эффективных механоактиваторов подтверждается также результатами всхожести, роста и развития редьки масляничной, отраженными в табл. 2.

Табл. 1. Результаты механоактиваторной обработки торфа

Показатель	Исходный	Гумат натрия			Гумат аммония					Гумат калия		
	1/1	2/1	2/2	2/3	3/1	3/2	3/3	3/4	3/5	4/1	4/2	4/3
Массовая доля влаги, %	16,8	16,5	13,1	14,2	14,2	14,1	13,5	13,6	11,8	14,1	11,9	12,0
Массовая доля золы, %	20,5	19,5	25,1	20,7	8,8	7,8	12,6	13,2	19,0	21,9	23,5	20,0
Обменная кислотность, %	5,5	7,8	7,9	6,0	7,1	6,5	12,2	11,4	12,2	12,1	12,0	11,5
Массовая доля гуминовых веществ, % на СВ	9,1	70,8	72,8	69,9	75,8	78,8	83,4	68,7	78,9	86,0	89,8	92,2
Массовая доля гуминовых кислот, % на СВ	8,7	25,1	8,34	9,7	14,1	14,6	15,6	20,9	25,9	28,7	32,2	40,1
Массовая доля фульвовых кислот, % на СВ	10,1	11,3	11,0	13,9	20,1	20,8	28,6	42,1	47,7	22,1	25,4	28,8
Растворимость в воде, %	12,3	30,8	40,5	45,5	9,0	12,9	19,9	16,5	29,3	24,1	29,0	19,6

Табл. 2. Результаты всхожести, роста и развития

Дата	Концентрация, %			
	0	0,02	0,03	0,04
	Количество всходов			
16.09.2019 г.	7	8	10	20
17.09.2019 г.	12	10	13	27
18.09.2019 г.	16	18	17	30

Существующие технологические схемы являются очень энергоемкими и не разработаны для сухих гуматов из торфа. Активаторное оборудование должно снизить энергоёмкость технологических процессов, увеличить производительность, уменьшить себестоимость производства готовой продукции, а также дать возможность получить оригинальный, не имеющий аналогов продукт.

УДК 621.926

ПРИМЕНЕНИЕ ДРОБИЛОК УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Н. В. КУРОЧКИН, Р. А. ПЕХТЕРЕВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Для реализации процесса дробления и сортировки строительных отходов предлагается использовать двухкамерную дробилку ударного действия с наклонным корпусом [1].

Конструкция двухкамерной дробилки ударного действия представлена на рис. 1. Агрегат включает в себя загрузочный бункер 1, подающий конвейер 2 с направляющим лотком 3, входящим в загрузочное устройство 4 модуля измельчения, установленного на раме 5 и состоящего из камеры дробления 6 с установленным внутри нее ротором 7, имеющим ударные и ножевые элементы. Ротор установлен в подшипниковых опорах 8, посредством компенсационной муфты 9 связан с приводным электродвигателем 10. Для выгрузки измельченного продукта из камеры дробления 6 служит колосниковая решетка 11, из которой он далее отбирается шнековым питателем 12. Вся конструкция агрегата смонтирована на раме 13.

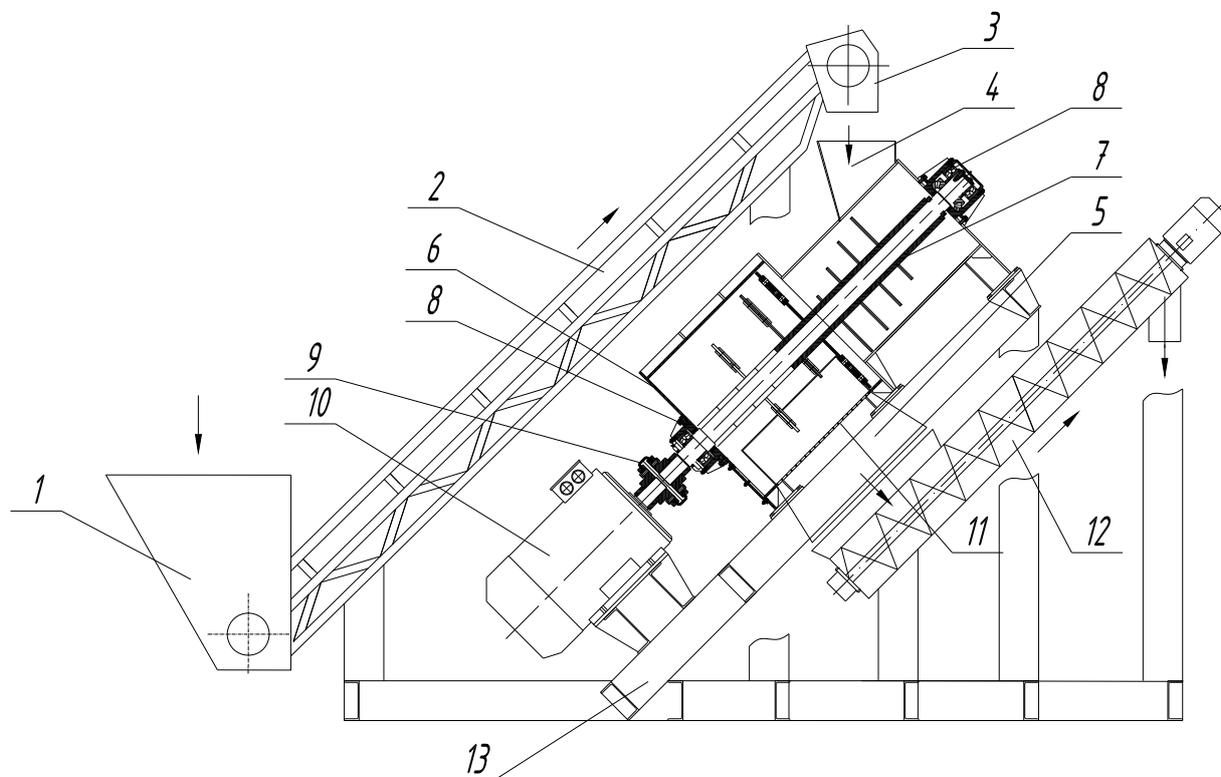


Рис. 1. Двухкамерная дробилка ударного действия

При работе агрегата исходные компоненты перерабатываемого материала ленточным конвейером 2 подаются в рабочую камеру 6, где измельчаются рабочими элементами ротора 7, достигнув требуемой крупности, проходят через отверстия колосниковой решетки 11 и удаляются из агрегата с помощью шнекового питателя 12.

Практическое применение предлагаемой дробилки позволяет получить следующие преимущества. Во-первых, двухкамерное исполнение рабочего оборудования обеспечивает целенаправленное управление процессом разрушения обрабатываемого материала, что позволяет получить более однородный состав готового продукта. Во-вторых, конструкция колосников в корпусе дает возможность своевременно удалять обработанный материал, что, в свою очередь, способствует снижению энергопотребления процесса и исключает возможность переизмельчения готового продукта. В-третьих, конструкция рабочих органов позволяет притормаживать окружную скорость материала, что приводит к повышению эффективности каждого последующего воздействия на измельчаемую частицу.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Сиваченко, Л. А.** Молотковые измельчители и их функциональные возможности для переработки отходов / Л. А. Сиваченко, Н. В. Курочкин // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвуз. сб. ст. – Белгород: БГТУ, 2014. – С. 335–338.

УДК 621.926
ПРУЖИННЫЙ АППАРАТ ДЛЯ РАВНОМЕРНОЙ ПОДАЧИ
И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В. С. МИХАЛЬКОВ, В. А. ДУДАРЕВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Непрерывное весовое дозирование насыпных материалов довольно широко используется в строительной и некоторых других отраслях промышленности. Главной характеристикой весовых дозаторов является точность дозирования. Повышение точности равномерного весового дозирования особенно актуально при производстве красок в лакокрасочной отрасли, когда при производстве красок требуется получить составы требуемых оттенков. Анализ характеристик весовых дозаторов непрерывного действия отечественных и зарубежных производителей показывает, что в настоящее время отсутствуют образцы производительностью в диапазоне от 5,0 кг до 2,0 т/ч и погрешностью менее 0,2 % (наиболее востребованные промышленностью).

В ряде технологий требуется осуществлять непрерывное дозирование двух и более компонентов, что вызывает значительные технические сложности и связанную с этим низкую точность дозирования (3 % и более).

Кроме того, существующие дозирующие устройства выполняют только транспортирующие функции и не способны дополнительно производить другие виды обработки материалов: доизмельчение, диспергирование, смешивание, механоактивацию.

При участии д-ра техн. наук, проф. Л. А. Сиваченко разработан пружинный аппарат (рис. 1), обеспечивающий равномерную подачу и непрерывное дозирование материала (при необходимости должно быть обеспечено предварительное смешивание компонентов в случае использования нескольких компонентов).

Пружинный аппарат состоит из привода 1, загрузочного устройства 2 для обработки первого компонента, загрузочного устройства 3 для обработки второго компонента, цилиндрической трубы 4, имеющей прямолинейный и криволинейный участки. Внутри трубы встроена пружина 5, закрепленная от перемещения вдоль оси трубы и вращающаяся при работающем приводе. На концевом участке трубы находится участок разгрузки 6.

В пружинном аппарате привод соединен дугообразно изогнутым пружинным устройством, установленным в корпусе, выполненным в виде

трубы, выходной конец которой выполнен под углом $120...130^\circ$ к горизонту. Выполнение корпуса в виде трубы с безопорной установкой в нем рабочего органа – пружины – позволяет исключить образование заторов материала в трубе и улучшить истираемость материала.

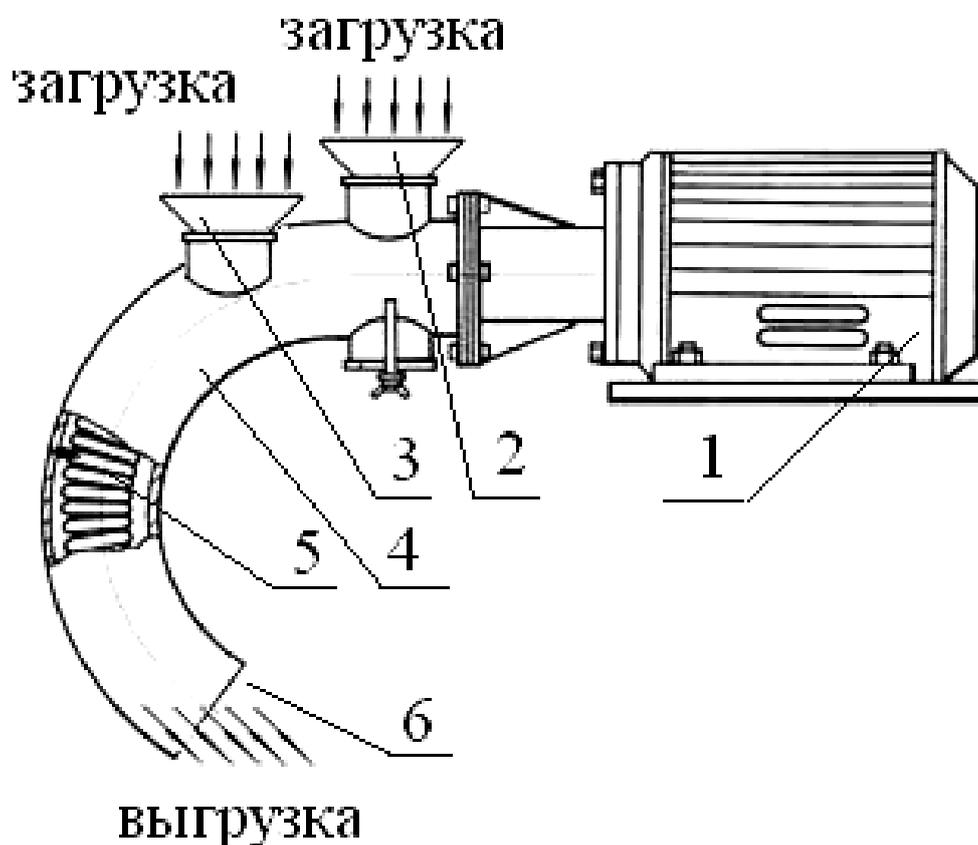


Рис. 1

Перемещаясь вдоль трубы, материалы активно перемешиваются и доизмельчаются между витками пружины.

Производительность данного устройства может достигать 2 т/ч.

Предложенный аппарат позволяет существенно снизить энергоемкость процесса переработки, повышает удельную производительность. Совмещение операций доизмельчения, смешивания, активации и дозирования в одном аппарате значительно повышает качество переработки материала, что в зависимости от вида материалов может привести к повышению прочностных характеристик, улучшению растворимости материалов, снижению себестоимости и др.

УДК 621.926

БАЛАНСИРНАЯ ВИБРАЦИОННАЯ МЕЛЬНИЦА

А. Д. МИХАЛЬКОВ, Д. В. МИХАЛЬКОВ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Целью процесса измельчения сыпучих материалов является получение однородной композиции с заданным гранулометрическим составом. В результате измельчения увеличивается поверхность фазового контакта взаимодействующих компонентов.

Вибрационные мельницы успешно применяются для измельчения разнообразных материалов. Рациональная область применения вибрационных мельниц – получение размеров материала от 1 мм до 40 мкм.

В Белорусско-Российском университете под руководством д-ра техн. наук, проф. Л. А. Сиваченко разработаны принципиальная и кинематическая схемы (рис. 1) и изготовлен опытный образец балансишной вибрационной мельницы (рис. 2).

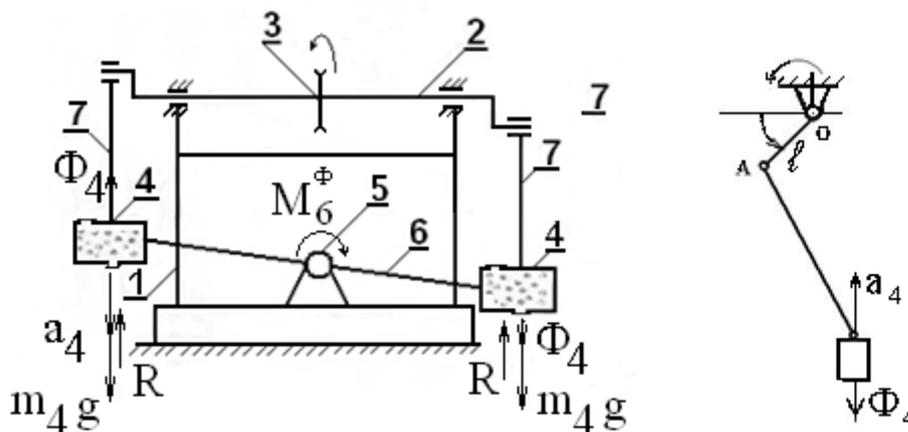


Рис. 1. Принципиальная и кинематическая схемы балансишной вибрационной мельницы

Балансишная вибрационная мельница состоит из рамы 1 с установленным эксцентриковым валом 2, на концах которого подвешены помольные камеры 4 посредством тросов 7, изготовленных из металлического троса. Привод 3 эксцентрикового вала осуществляется от электродвигателя через клиноременную передачу. Помольные камеры соединены между собой коромыслом 6 с помощью шарнира 5.

При работе мельницы камеры 4 с измельчаемым материалом совершают колебательные движения вверх-вниз, металлические шары, находящиеся в камерах совместно с измельчаемым материалом, совершают хаотические движения. Прямолинейное движение камер задано уравне-

нием $y = \alpha \cdot \sin(k \cdot t + \beta)$, описывающим гармоническое колебательное движение. Постоянная α , равная величине наибольшего отклонения камер от ее среднего положения, является амплитудой колебаний. Аргумент синуса ($k \cdot t + \beta$) называют фазой колебания, а β – начальной фазой. Постоянная k – циклическая частота колебаний.



Рис. 2. Опытный образец балансирующей вибродисковой мельницы

Кинематический анализ предлагаемой мельницы показывает, что $\vec{\omega} = \text{const}$, $\psi = \omega \cdot t$, $R = R_6(L_7; h; b)$.

Ускорение точки А – $a_A = \omega^2 \cdot l$.

Ускорение тела 4 – $a_4 = a_A \cdot \sin \varphi = \omega^2 \cdot l \cdot \sin \omega t$.

Сила инерции тела 4 – $\Phi_4 = m_4 \cdot a_4 = m_4 \cdot \omega^2 \cdot l \cdot \sin \omega t$.

Угловое ускорение тела 6 – $\varepsilon_6 = a_4 / 0,5l = \frac{2\omega^2 \cdot l}{L} \cdot \sin \omega t$.

Момент сил инерции тела 6 (однородный стержень длиной L)

$$M_6^{\Phi} = I_6 \cdot \varepsilon_6 = \frac{m_6 \cdot L^2}{12} \cdot \frac{2\omega^2 l}{L} \cdot \sin \omega t.$$

Для получения дифференциального уравнения движения системы (тел 4 и 6) придаем телу 6 возможное перемещение $\delta\varphi$ и запишем общее уравнение динамики:

$$M_6^{\Phi} \cdot \delta\varphi + 2 \cdot \Phi_4 \cdot \delta\varphi \cdot L/2 + m_4 \cdot g \cdot \delta\varphi \cdot L/2 - m_4 \cdot g \cdot \delta\varphi \cdot L/2 = 0.$$

Проведя преобразования, получим

$$R = \left(\frac{m_6}{3} + 2 \cdot m_4 \right) \cdot \omega^2 \cdot l \sin \omega t.$$

К числу главных положительных качеств балансирующих вибродисковых мельниц относятся простота конструкции, динамическая уравновешенность вибрирующей системы, удобство обслуживания и качество измельчения.

УДК 629.3
МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ
ПОДСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ФРОНТАЛЬНЫМ ПОГРУЗЧИКОМ

В. И. МРОЧЕК, Д. И. СТЕФАНЕНКО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В выпускаемых в настоящее время фронтальных погрузчиках в гидравлических подсистемах управления рабочим оборудованием реализуются два принципа регулирования: дроссельный или объемный (машинный). На погрузчиках, выпускаемых на предприятиях РБ и РФ, чаще всего применяется дроссельное регулирование. Это обусловлено тем, что при дроссельном регулировании в качестве источников питания применяются более дешевые нерегулируемые насосы. Гидравлические подсистемы с объемным регулированием используются реже, поскольку применяемые в них регулируемые насосы часто в 5...6 раз дороже нерегулируемых. Так, например, в гидравлической подсистеме погрузчика БелАЗ-7822 установлены три регулируемых насоса фирмы Bosch Rexroth, цена каждого из них превышает 6000 евро.

У большинства погрузчиков питание гидравлической подсистемы управления рабочим оборудованием осуществляется от двух насосов: основного (постоянно работающего на эту подсистему) и насоса рулевого управления, который подключается к выходу основного насоса на режимах, когда золотник распределителя рулевого управления находится в нейтральной позиции.

У погрузчиков с небольшой грузоподъемностью (до 3...3,5 т) подключение насоса рулевого управления к выходу основного насоса осуществляется часто через гидрораспределитель рулевого управления. Такое решение применяется, например, на погрузчике А-333 (ТО-18Б). На машинах с большей грузоподъемностью подключение насоса рулевого управления производится через приоритетный клапан. Управление приоритетным клапаном осуществляется чаще всего сигналами в виде давления, формируемыми на выходах гидрораспределителя рулевого управления погрузчика.

Указанные особенности работы насосов учтены при разработке математической модели гидравлической системы управления рабочим оборудованием погрузчика. Кроме переменной структуры, модель источника питания учитывает основные характеристики гидронасосов и элементов их управления. В зависимости от условий функционирования насос в модели представлен в виде источника потока или в виде источника потенциала. При моделировании учтены объемные потери в насосе, а также его КПД.

УДК 629.3
МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
РАБОЧИМ ОБОРУДОВАНИЕМ ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА

В. И. МРОЧЕК, Т. В. МРОЧЕК, Д. И. СТЕФАНЕНКО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Производство погрузчиков в Республике Беларусь осуществляется на четырех предприятиях, основным из которых является ОАО «Амкодор».

Повышение конкурентоспособности выпускаемых машин требует постоянного совершенствования их технического уровня. Одним из направлений решения указанной проблемы является разработка более эффективных методик моделирования процессов функционирования погрузчика.

Объектом исследований в данной работе является система управления рабочим оборудованием погрузчика А-333 (ТО-18Б). В состав исследуемой системы входят две подсистемы: гидравлическая и механическая.

Моделирование системы осуществлялось при выполнении поворотным способом погрузки сыпучего материала из штабеля в кузов самосвала.

Отличительные особенности предлагаемой методики:

1) моделирование процессов функционирования системы управления осуществляется на всех операциях разработанного типового технологического цикла;

2) математическая модель гидравлической подсистемы учитывает изменения ее структуры в зависимости от выполняемой операции;

3) математическая модель механической подсистемы позволяет определять усилия на штоках гидроцилиндров при погрузке любых материалов (щебня, гравия и др.) и различных углах поворота стрелы и ковша.

Предлагаемый типовой технологический цикл содержит следующие операции: загрузка ковша, запрокидывание ковша, подъем стрелы в транспортное положение, перемещение погрузчика к самосвалу, подъем стрелы, перемещение погрузчика в зону разгрузки, опрокидывание ковша, перевод ковша в положение загрузки, перемещение погрузчика из зоны разгрузки, перемещение стрелы в транспортное положение, перемещение погрузчика к штабелю, перемещение стрелы в положение загрузки.

Математическая модель гидравлической подсистемы учитывает характеристики насосов, вязкость рабочей жидкости, потери энергии в гидравлических сопротивлениях.

Математическая модель механической подсистемы кроме вычисления усилий на штоках гидроцилиндров позволяет также на этапе проектирования проводить кинематический анализ и определять такие важные параметры, как высоту подъема ковша, координаты крепления и углы поворота стрелы и ковша, длины рычагов и др.

УДК 621.86

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ВНЕУЛИЧНОГО ГОРОДСКОГО
ПАССАЖИРСКОГО КАНАТНОГО ТРАНСПОРТА

В. И. ТАРИЧКО, И. А. ЛАГЕРЕВ
Брянский государственный университет
имени академика И. Г. Петровского
Брянск, Россия

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых ученых-докторов наук № МД-422.2020.8.

В последнее десятилетие в Российской Федерации наблюдается резкое увеличение количества легковых автомобилей личного пользования. Например, в Брянске за период с 2010 по 2020 гг. число автомобилей увеличилось в 3 раза. Это приводит к возникновению автомобильных пробок, росту числа дорожно-транспортных происшествий, что резко снижает среднюю скорость движения (в том числе наземного общественного транспорта). Попытки решить возникшие проблемы расширением дорог, строительством дублирующих магистралей часто не дают ощутимого результата. Это связано с традиционной для городов России плотной застройкой, не позволяющей построить дороги-дублеры; сложностями регулирования транспортных потоков; наличием в пределах города крупных водных артерий; сложным рельефом местности. Ситуацию усугубляет неравномерное расположение мест наибольшего скопления рабочих мест и мест проживания людей. В результате автомобильное движение в утренние часы в основном направлено из спальных районов в центр города (центры районов), а в вечерние – в противоположном направлении.

Эффективным решением данной проблемы является строительство скоростного внеуличного подземного транспорта – метрополитена. Однако в силу высокой стоимости (до 100 млрд р./км) сооружение и эффективная эксплуатация метрополитенов доступны только для крупных городов. В Российской Федерации активное развитие метрополитенов идет в Москве, Санкт-Петербурге и Казани.

Таким образом, с целью повышения связанности городских территорий Российской Федерации необходима разработка технологий, позволяющих создавать системы городского пассажирского внеуличного транспорта, обладающие преимуществами метрополитенов, но существенно более низкой стоимостью сооружения.

Альтернативой традиционным подземным метрополитенам являются системы пассажирского внеуличного транспорта, построенные с использованием технологии «Канатное метро» (рис. 1).

Основные отличия канатного метро для городской среды от традиционных подвесных канатных дорог:

- использование распределенного привода позволяет снизить габаритно-массовые характеристики оборудования при проектировании маршрутов любой протяженности и конфигурации;
- системы резервирования и применение трехканатной системы обеспечивают транспортировку пассажиров до станций в случае возможного отказа оборудования или террористического воздействия;
- стрелочные механизмы обеспечивают программируемые манипуляционные операции по маршрутизации подвижного состава;
- остановка кабин и их причаливание на станциях позволяет перевозить маломобильные группы населения и обеспечивает комфорт пассажирам вне зависимости от погодных условий.

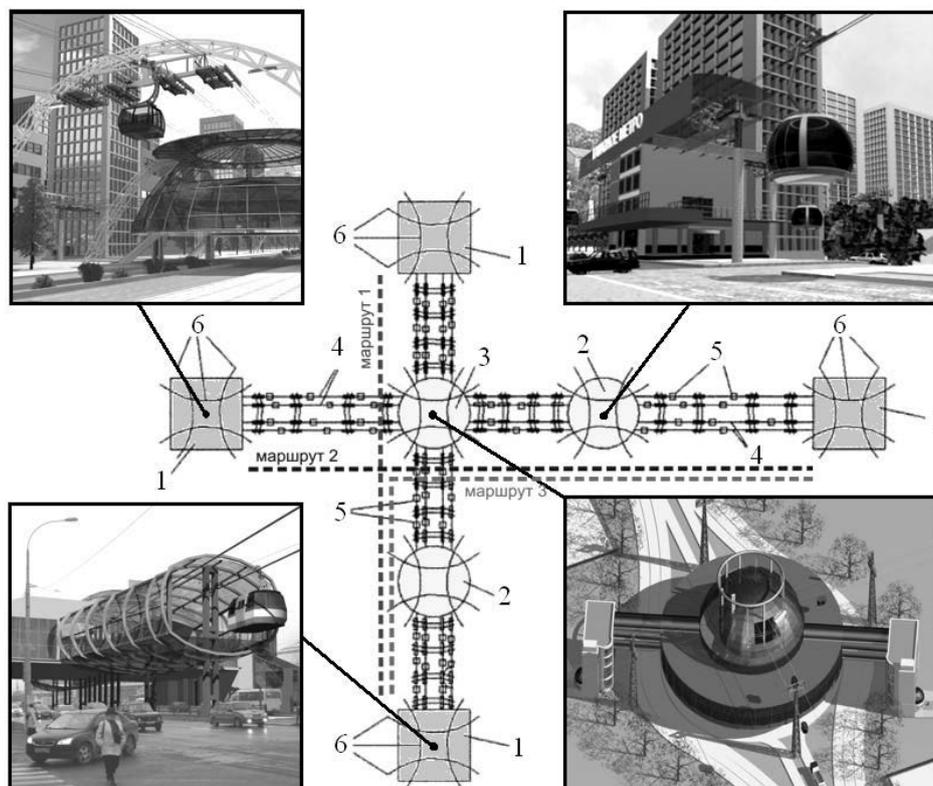


Рис. 1. Общая структурная схема канатного метро: 1 – конечная пассажирская станция; 2 – промежуточная пассажирская станция; 3 – пассажирская станция с передачей кабин с маршрута на маршрут; 4 – путь; 5 – пассажирская кабина; 6 – система переадресации [1]

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция инновационной системы городского транспорта «Канатное метро города Брянска» / А. В. Лагерев [и др.] // Вестн. Брян. гос. техн. ун-та. – 2012. – № 3. – С. 12–15.

УДК 629.13:62-83

УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ АТПОПЕЗДОВ

С. Ю. БИЛЬК¹, В. А. КИМ¹, А. Т. СКОЙБЕДА²

¹Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

²Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Наиболее известным поездом с электроприводом периодического действия на колеса прицепного звена является поезд «Гоэр» (ХМ) [1], который фирма «Ле Турно–Вестиингауз» выпускала с 1959 г., состоящего из одноосного тягача и одноосного полуприцепа. Полуприцеп оборудован электроприводом периодического действия на переменном токе. Генератор имеет максимальное напряжение 518 В при частоте 200 Гц. Он смонтирован между корпусом двигателя и сцеплением (рис. 1).

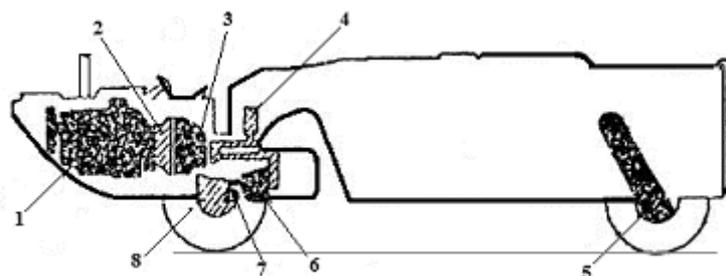


Рис 1. Схема расположения тяговых агрегатов двухзвенного поезда ХМ-437: 1 – дизель ГМС; 2 – генератор; 3 – сцепление; 4 – электропривод рулевого управления; 5 – электродвигатели задних колес; 6 – коробка передач; 7 – дифференциал; 8 – раздаточная коробка

В относительно легких дорожных условиях электропривод не используется, и движение поезда осуществляется за счет силы тяги, развиваемой тепловым двигателем тягача. При увеличении сопротивления движению уменьшается скорость движения поезда и водитель осуществляет включение пониженной передачи, при этом включается электропривод передачи мощности колесам активного полуприцепа. Длительность непрерывной работы электропривода составляла 60...90 мин, но в большинстве случаев не превышала 10...20 мин и зависела от скорости атопоезда и включенной пониженной передачи. Таким образом, критерием включения электропривода передачи мощности колесам полуприцепа является скорость движения атопоезда и включенная передача, необходимая для преодоления возникшего сопротивления. Специфика работы электропривода предусматривает возможность непрерывного его использования в интервале сравнительно небольшого отрезка времени, и решение данной задачи основывают на анализе перегрузочной способности электрических машин с целью

определения допустимого интервала времени работы τ при заданной величине тока.

Необходимо отметить, что из опубликованных материалов описания поездов данного типа остаются неясными многие вопросы, связанные с алгоритмом работы системы электропривода периодического действия. Ясным остается одно, что критерием включения электропривода полуприцепа является заданное пороговое значение скорости движения поезда, при котором включается пониженная передача. Алгоритм работы электропривода определяется эмпирическим способом и основан на данных эксперимента [3].

Для определения времени включения электропривода колес прицепного звена авторами разработан алгоритм превентивной передачи мощности колесам активного прицепа / полуприцепа. Алгоритм основан на идентификации буксования ведущих колес тягача (автомобиль, трактор) по знаку производных от сил в сцепном устройстве тягача по времени [2].

Авторами были проведены испытания легкового автомобиля Renault Laguna в сцепке с одноосной тележкой массой 123 кг. Тележка была оснащена электромеханическим приводом колес тележки, состоящего из стартера 3708 (потребляемый ток на холостом ходу 75 А, пусковая мощность 1,2 кВт, номинальные обороты 2000 об/мин), венца маховика автомобиля ГАЗ 3302 (передаточное число от стартера к венцу маховика $i \approx 10$).

В результате проведенных испытаний установлено следующее: блок обработки и анализа электрических сигналов, пропорциональных силам в сцепке тележки, идентифицировал буксование ведущих колес тягача по отрицательному знаку производной от этой силы на крюке по времени; генератор (мощность автомобиля легкового автомобиля Renault Laguna $\approx 1,7$ кВт) обеспечивал достаточную подзарядку аккумулятора 6 СТ-65 Аз в течение четырех циклов включения / отключения электромеханического привода тележки с периодичностью 5...6 с.

Использование алгоритма управления позволит решить задачу автоматического включения / отключения электропривода колес прицепного звена исходя из условий сцепления ведущих колес тягача.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. helpiks.org/1-116425.html.
2. Математическая модель динамики разгона тягача с прицепным звеном (полуприцеп / прицеп) и алгоритм превентивной передачи момента колесам прицепного звена / В. А. Ким, А. Т. Скойбеда, И. С. Сазонов, С. Ю. Билык // Механика-2019: тез. докл. VIII Белорус. конгресса по теоретической и прикладной механике. – Минск: ОИМ НАН Беларуси, 2019.
3. **Эйдинов, А. А.** Исследование электропривода периодического действия автопоездов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. А. Эйдинов; Моск. энерг. ин-т. – Москва, 1968.

УДК 629.113

ОБОСНОВАНИЕ СТЕНДА ИСПЫТАНИЙ АКТИВНОЙ ВИБРОЗАЩИТНОЙ СИСТЕМЫ

О. В. БИЛЫК¹, Г. С. МИГУРСКИЙ¹, П. А. АМЕЛЬЧЕНКО²

¹Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

²Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси
Минск, Беларусь

Для апробации алгоритма новой активной виброзащитной системы (АВС), основанного на измерении и анализе сил в опорах подвески предлагается схема стенда, имеющая механизм имитации вынужденных колебаний массы с различными частотами воздействия на колебательную систему (рис. 1). Стенд имитации алгоритма АВС должен удовлетворять следующим требованиям: предусматривать установку упругодиссипативных элементов с различными характеристиками в колебательную систему; иметь исполнительные механизмы, оснащенные системами автоматического регулирования упругодиссипативных характеристик колебательной системы; иметь источник возмущающего воздействия с различными частотами возмущающего воздействия на колебательную систему.

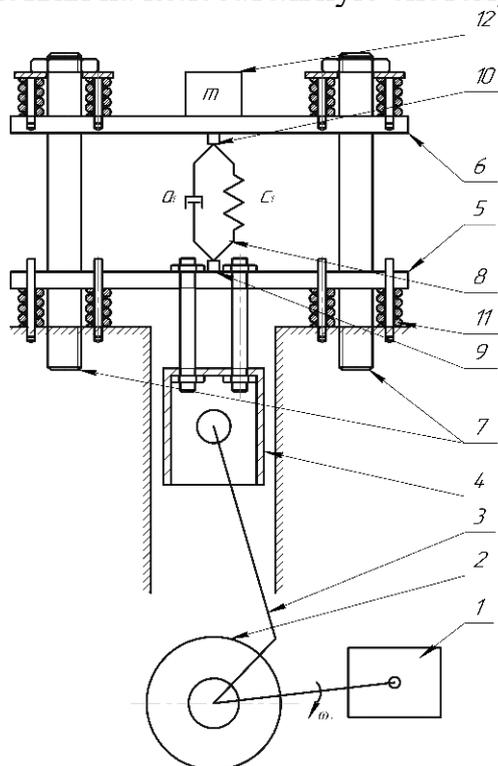


Рис. 1. Разрабатываемый стенд имитационных испытаний АВС:
1 – электродвигатель; 2 – коленчатый вал; 3 – шатун; 4 – поршень; 5 – нижняя плита;
6 – верхняя плита; 7 – направляющие; 8 – упругодиссипативный элемент;
9 – исполнительный механизм; 10 – датчик; 11 – отбойники; 12 – груз

Стенд имитации АВС включает в себя электродвигатель 1, связанный с кривошипно-шатунным механизмом (КШМ) 2. Поршень КШМ 4 через направляющие элементы и упругий элемент оказывает воздействие на платформу с массой. КШМ с поршнем 4 является механизмом возмущающего воздействия на колебательную систему.

Силовое воздействие инерционных сил на опору регистрируется посредством датчика 10. Электрический сигнал, пропорциональный силам в опоре, анализируется в ПЭВМ. На основе анализа сил формируется сигнал управления исполнительными механизмами, изменяющими упруго-диссипативные характеристики колебательной системы. Блок-схема управления АВС представлена на рис. 2.

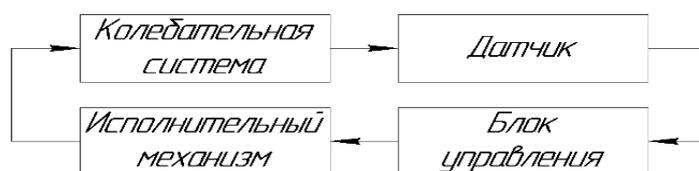


Рис. 2. Блок-схема алгоритма АВС

Уравнение возмущающего воздействия на колебательную систему, создаваемого КШМ, имеет следующий вид:

$$x = r \cdot \left(1 + \frac{\lambda}{2} \sin^2 \omega \cdot t - \cos \omega \cdot t \right) \frac{1}{2}, \quad (1)$$

где $\lambda = \frac{r}{l}$; r – радиус кривошипа; l – длина шатуна; ω – угловая скорость вращения коленчатого вала.

Дифференцируя уравнение (1), получим скорость возмущающего воздействия на колебательную систему

$$\dot{x} \cong \omega \cdot r \left(\sin \omega \cdot t + \frac{\lambda}{2} \sin 2\omega \cdot t \right). \quad (2)$$

Выводы

1. Использование КШМ в механизме имитации возмущающего воздействия позволит изменять частоты воздействия на колебательную систему.
2. Практическая реализация предлагаемого стенда обеспечит проведение испытаний алгоритмов активной виброзащитной системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современные проблемы науки и образования [Электронный ресурс] // Сопротивления амортизатора сжатию как фактор влияния на энергетические затраты автомобиля при преодолении порогового препятствия. – Санкт-Петербург, 2014. – Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=13246>. – Дата доступа: 05.02.2020.

УДК 629.13: 625.7/.8
 ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ КОНТАКТОВ КОЛЕС АВТОМОБИЛЯ
 ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СЛУЧАЙНЫХ ДОРОЖНЫХ НЕРОВНОСТЕЙ

С. Ю. БИЛЫК¹, И. С. САЗОНОВ¹,
 В. А. КИМ¹, Н. П. АМЕЛЬЧЕНКО²

¹Белорусско-Российский университет
 Могилев, Беларусь

²Белорусский государственный университет
 информатики и радиоэлектроники
 Минск, Беларусь

При эксплуатации автомобилей в определенных условиях дороги очень важно знать частоты отрыва его колес от опорной поверхности. При отрыве колеса от дорожного полотна нарушается двусторонняя связь. Отрыв колеса от опорной поверхности можно оценивать по динамической реакции дороги на колесо.

Динамическая реакция дороги на колесо обусловлена инерционными силами масс, передаваемых от подвески и амортизаторов на дорожное полотно через колесо,

$$P_k = m_k \cdot \ddot{y} + \mu \cdot (\dot{y} - \dot{\varepsilon}) + c \cdot (y - \varepsilon) + G_k, \quad (1)$$

где ε – перемещение точки кузова автомобиля, лежащей над осью колеса; y – перемещение оси колеса; m_k и G_k – масса колеса и вес автомобиля.

Уравнение (1) после преобразования по Лапласу примет вид

$$P_k(s) = (m_k \cdot s^2 + \mu \cdot s + c) \cdot y(s) - (\mu \cdot s + c) [z \cdot (s) + \theta(s) \cdot l]. \quad (2)$$

Передаточную функцию от грунта к колесу получим в результате деления уравнения на $y(s)$:

$$W_p(s) = m_k \cdot s^2 + \mu \cdot s + c - (c + \mu \cdot s) [W_z(s) + W_\theta(s) \cdot l], \quad (3)$$

где μ – коэффициент вязкого сопротивления амортизатора; l – геометрический параметр; c – коэффициент жесткости упругого элемента подвески; m_k – масса колеса.

Частотная характеристика реакции дороги на колесо (передаточная функция)

$$W_p(i\omega) = c - m_k \cdot \omega^2 + i \cdot \omega \cdot \mu - (c + i \cdot \omega \cdot \mu) [W_z(i\omega) + W_\theta(i\omega) \cdot l], \quad (4)$$

где z и θ – линейная и угловая координаты перемещений остова автомобиля.

Следовательно, динамическая нагрузка на колеса определяется

характером колебательного процесса кузова.

Энергетический спектр реакции дороги (грунта)

$$S_p(\omega) = \left| c - m_k \cdot \omega^2 + i \cdot \omega \cdot \mu - (c + i \cdot \omega \cdot \mu) \cdot [W_Z(i \cdot \omega) + W_\theta(i \cdot \omega) \cdot l] \right| \cdot \Phi(\omega), \quad (5)$$

где $i = \sqrt{-1}$; ω – круговая частота, c^{-1} ; $\Phi(\omega)$ – спектральная плотность случайного воздействия (энергетический спектр реакции дороги); $W_Z(i\omega), W_\theta(i\omega)$ – передаточные функции по линейной и угловой координате автомобиля.

Энергетические спектры реакции дороги на колесо машины дают наглядное представление о влиянии на динамическую нагрузку колес скорости движения, параметров подвески, дорожных условий и других факторов.

Дисперсия реакции грунта на колесо

$$\sigma_p^2 = \frac{1}{\pi} \int_0^\infty S_p(\omega) \cdot d\omega. \quad (6)$$

Число отрывов в единицу времени равно половине числа случаев равенства нулю реакции грунта. Для этого случая уравнение Райса [2] примет следующий вид:

$$N_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{\dot{\sigma}_p}{\sigma_p} \cdot e^{-\frac{p_{cm}^2}{2\sigma_p^2}}. \quad (7)$$

Таким образом, по уравнению (7) можно определить число отрывов колеса от грунта (дороги) в единицу времени.

Дисперсия σ_p^2 реакции грунта определяется ее энергетическим спектром. Для сходящихся спектров спектральная плотность определяется по формуле

$$S_p(\omega) = \omega^2 \cdot S_p(\omega). \quad (8)$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Светлицкий, В. А.** Случайные колебания механических систем / В. А. Светлицкий. – Москва: Машиностроение, 1976. – 216 с.
2. **Силаев, А. А.** Спектральная теория поддресоривания транспортных машин / А. А. Силаев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1972. – 192 с.
3. **Тимошенко, С. П.** Колебания в инженерном деле / С. П. Тимошенко. – Москва: Наука, 1967. – 444 с.

УДК 629.331
РАЗРАБОТКА МЕТОДА И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ
МЕХАНИЧЕСКИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ

В. В. ГЕРАЩЕНКО, Н. А. КОВАЛЕНКО, Е. С. ЗЯБСКИЙ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

При проведении исследований механических коробок передач (МКП) в исправном и неисправном состояниях было установлено, что их статическая характеристика на заданной передаче, представляющая собой зависимость крутящего момента на первичном валу коробки передач от крутящего момента на ее вторичном валу в установившемся режиме ее работы, отличаются друг от друга.

Поэтому авторами предложен новый метод диагностирования МКП, заключающийся в том, что при заданной величине крутящего момента на вторичном валу коробки передач при ее работе на заданной передаче измеряют крутящий момент на ее первичном валу и, сравнивая его с нормативом, принимают решение о техническом состоянии.

На основе предложенного метода был разработан стенд (рис. 1), содержащий двигатель внутреннего сгорания 1, кинематически соединенный с первичным валом коробки передач 2, вторичный вал которой соединен с электрическим тормозом 3, первый датчик момента 4, установленный на первичном валу коробки передач, второй датчик момента 5, установленный на вторичном валу коробки передач, регулируемый источник 6 постоянного тока, включающий в себя автотрансформатор 7, выпрямитель 8, сглаживающий конденсатор 9, подключенный выходом к обмотке возбуждения 10 электрического тормоза 3. Каждый из датчиков крутящего момента 11 и 12 имеет металлические диски с прорезями и выступами, преобразователи импульсные щелевые 13 и 14, установленные вблизи соответствующих валов с возможностью вхождения в их щели металлических дисков 11 и 12, резисторы 15, 16, подключенные в противофазе к электрическим выводам преобразователей импульсных щелевых; выпрямители 17, подсоединенные к выходу резисторов, сглаживающие конденсаторы 18, резисторы 19. Крутящий момент на первичном валу коробки передач измеряется прибором 20, а крутящий момент на вторичном валу – прибором 21.

При пуске двигателя 1 внутреннего сгорания начинают вращаться валы коробки передач, включаются в сеть переменного тока автотрансформатор 7, источники напряжения постоянного тока, питающие преобразователи импульсные щелевые 13 и 14. Вращая движок авто-

трансформатора по регистрирующему прибору постоянного тока 21, подают на обмотку возбуждения 10 тормоза 3 напряжение постоянного тока такой величины, чтобы на вторичном валу МКП появился момент заданного значения.

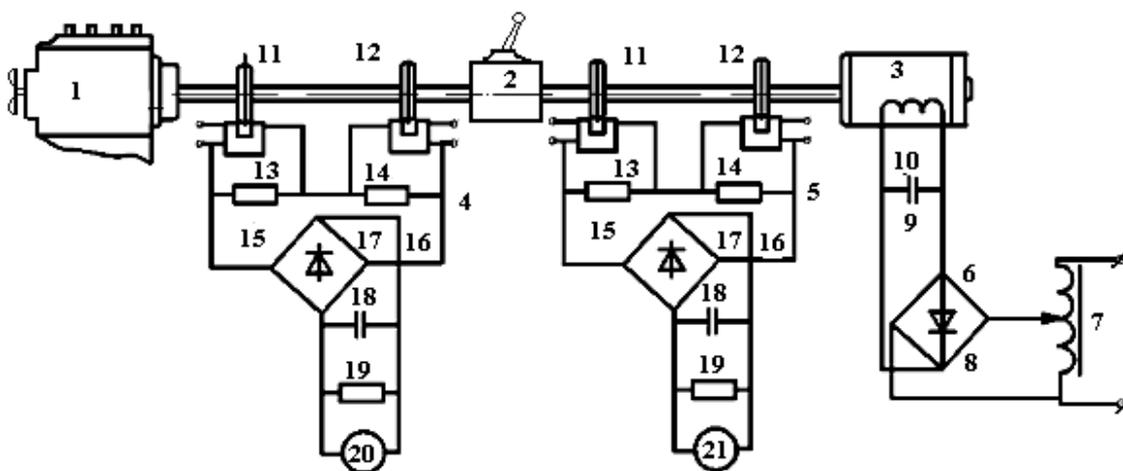


Рис. 1. Схема стенда для диагностирования МКП

Металлические диски 11 и 12 проходят в щели преобразователей 13, 14, в результате чего на электрических выводах этих преобразователей формируются прямоугольные импульсы одинаковой высоты и длительности. С появлением момента на валах происходит относительное смещение полученных сигналов, т. к. при передаче крутящих моментов валы закручиваются. Импульсы, сформированные преобразователями, установленными у вала, соединенного с тормозом, отстают по фазе от импульсов, сформированных преобразователями, установленными у вала, соединенного с двигателем. Величина фазы отставания импульсов одной последовательности от импульсов второй пропорциональна моменту на данном валу.

В результате суммирования противофазных импульсов на выходе последовательного соединения резисторов появляется сигнал, состоящий из разнополярных прямоугольных импульсов, длительность каждого из которых пропорциональна моменту на валу. Если заданное значение момента на вторичном валу равно M_2 , то на первичном валу диагностируемой коробки появляется крутящий момент, величина которого равна M_{11} в случае отсутствия неисправностей, или M_{12} – при наличии неисправностей.

Данный стенд может применяться для диагностирования как МКП, так и трансмиссии автомобиля в целом. Он прост по конструкции и обеспечивает высокую точность результатов диагностирования.

УДК 621.114

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ГИДРОТРАНСФОРМАТОРОВ ГИДРОФИЦИРОВАННЫХ ТРАНСМИССИЙ АВТОМОБИЛЕЙ

В. В. ГЕРАЩЕНКО¹, В. Д. РОГОЖИН¹,
И. Н. СЕМЕНОВ¹, С. А. РЫНКЕВИЧ¹

¹Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

²Брестский государственный технический университет

Брест, Беларусь

В результате выполнения научно-исследовательской работы по исследованию гидромеханических передач (далее – ГМП) и их характеристик, представляющих собой зависимость КПД гидротрансформатора (далее – ГТ) от передаточного отношения (рис. 1), был предложен метод их диагностирования и разработан стенд для его реализации.

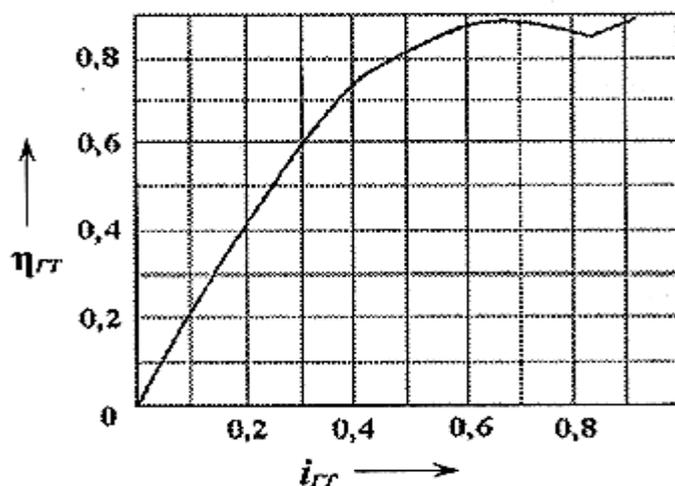


Рис. 1. Зависимость КПД ГТ от передаточного отношения

момента [1]. За нормативное значение передаточного отношения принимают в диапазоне $i = 0,4...0,7$, что соответствует КПД ГТ в диапазоне значений $0,73...0,88$ (см. рис. 1).

Разработанный стенд (рис. 2) содержит ДВС 1, вал которого соединен с первым упругим валом 2, второй конец которого соединен с насосным колесом ГТ ГМП 6, выходной вал этой ГМП соединен вторым упругим валом 7 с валом электромагнитного тормоза 9, имеющего обмотку возбуждения 10, систему нагружения, включающую в себя последовательно соединенные автотрансформатор 14 с регулятором 15, трансформатор 13,

Метод диагностирования ГТ заключается в том, что снятую с автомобиля ГМП размещают на стенде, состоящем из системы нагружения номинальным моментом ДВС, воспроизводимым на упругом валу стенда и соединяющим вал ДВС с насосным колесом ГТ. Стенд оснащен измерительными устройствами, в том числе датчиками частот вращения насосного и турбинного колес ГТ, крутящего

выпрямитель 12 и конденсатор 11, соединенный с обмоткой возбуждения 10 электротормоза.

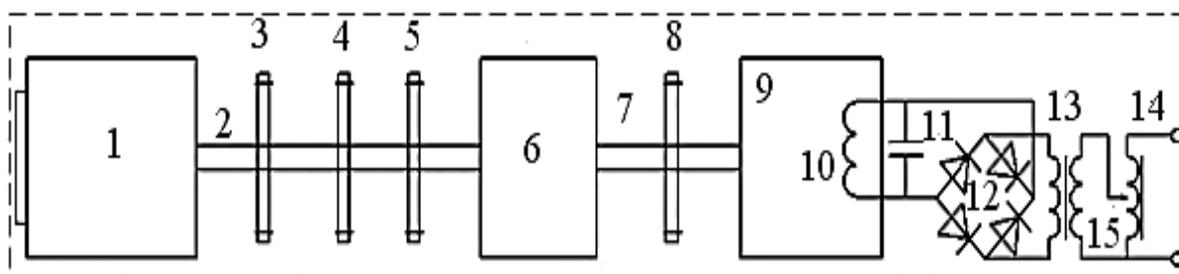


Рис. 2. Стенд для диагностирования ГМП

На первом упругом валу 2 стенда установлены два диска 3 и 5 с выступами и прорезями, используемые для измерения крутящего момента на ведущем валу ГМП, а также третий диск 4 с выступами и прорезями для измерения частоты вращения насосного колеса ГТ. На втором упругом валу установлен четвертый диск 8 для измерения частоты вращения выходного вала ГМП.

При диагностировании ГТ (по частоте вращения выходного вала при включённой прямой передаче ГМП или по любой другой передаче с соответствующей корректировкой по передаточному числу при условии отсутствия пробуксовок в ГМП) на стенде измеряют частоты вращений насосного и турбинного колес, затем определяют отношение частот вращения турбинного и насосного колес ГТ. По полученному значению определяется передаточное отношение и соответствующий ему расчетный КПД ГТ. По датчику крутящего момента и моменту на вторичном валу ГМП, нагружаемую электротормозом, определяется фактический КПД. Так, если фактический КПД ГТ лежит в диапазоне значений 0,73...0,88 и больше или равен расчетному, то это свидетельствует об отсутствии неисправностей в ГТ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Геращенко, В. В.** Методы и средства диагностирования и повышения эксплуатационных свойств автомобилей и их агрегатов: монография / В. В. Геращенко, Н. А. Коваленко, В. П. Лобах. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2017. – 170 с.: ил.

УДК 629.113

ПОВЫШЕНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ АВТОМОБИЛЯ

Н. А. КОВАЛЕНКО, В. В. ГЕРАЩЕНКО, Е. С. ЗЯБСКИЙ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Используемые системы автоматического управления скоростью движения автомобиля с гидромеханической передачей включают в себя, как правило, датчик перемещения 2 (рис. 1), педали управления подачей топлива 1, сумматор 4, первым входом 3 соединенный с выходом датчика перемещения педали управления подачей топлива, датчик частоты вращения 12 двигателя внутреннего сгорания 9, выход 11 которого соединен обратной отрицательной жесткой связью 5 со вторым входом 6 сумматора, а выход 7 сумматора – с последовательно соединенными усилителем 8, электронным блоком управления 10, электромагнитной форсункой 14, ввернутой в камеру сгорания двигателя внутреннего сгорания, с обмоткой 13, соединенной с выходом электронного блока управления.

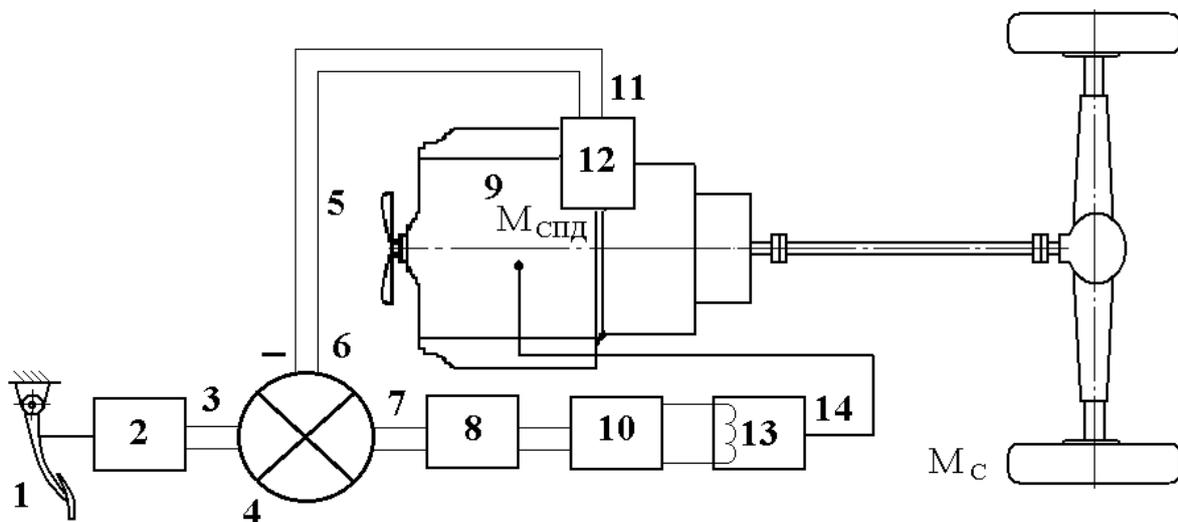


Рис. 1. Схема системы управления скоростью движения автомобиля

Недостатком таких систем является их запаздывание в изменении приведенного момента сопротивления к валу двигателя $M_{срд}$ относительно изменения момента сопротивления движению автомобиля M_c . Это происходит из-за наличия инерционности агрегатов автомобиля, которые описываются соответствующими передаточными функциями. Например, для главной передачи передаточная функция имеет выражение

$$W_{ГП}(P) = \frac{K_{ГП}}{T_{ГП}P + 1},$$

где p – комплексное число, состоящее из действительной и мнимой частей и мнимого числа; $K_{ГП}$ – коэффициент передачи момента главной передачи, равный изменению приведенного момента сопротивления на выходном валу коробки передач $M_{СПКП}$ при изменении момента сопротивления движению автомобиля M_C на 1 Н·м; $T_{ГП}$ – постоянная времени главной передачи, характеризующая замедление изменения момента $M_{СПКП}$ относительно M_C .

Аналогичные уравнения можно записать для коробки передач, гидромеханической передачи и двигателя, где будут использованы уже $K_{КП}$, $K_{ГТ}$ – коэффициенты передачи момента соответственно коробки передач и гидротрансформатора, равные изменению момента на их входном валу, при изменении момента на выходном на 1 Н·м из-за изменения момента сопротивления движению автомобиля; K_d – коэффициент передачи момента двигателя внутреннего сгорания, равный изменению угловой скорости вала двигателя в радианах в секунду при изменении момента на 1 Н·м; $T_{КП}$ и $T_{ГТ}$ – постоянные времени соответственно коробки передач и гидротрансформатора, характеризующие замедление изменения момента на их входных валах относительно приведенного к их выходному валу момента сопротивления движению; T_d – постоянная двигателя, характеризующая замедление изменения угловой скорости вала двигателя относительно изменения момента M_d на его валу; $M_{СПГТ}$ – приведенный к выходному валу гидротрансформатора момент сопротивления.

Анализ выражений передаточных функций агрегатов автомобиля позволяет сделать вывод, что из-за наличия момента инерции агрегатов в их передаточных функциях имеются постоянные времени $T_{ГП}$, $T_{КП}$, $T_{ГТ}$, T_d . Величиной этих постоянных времени характеризуются запаздывания приведенных моментов сопротивления на выходах главной передачи, коробки передач, гидротрансформатора относительно изменения моментов на входах этих агрегатов, а величиной постоянной времени T_d – запаздывание изменения угловой скорости вращения вала двигателя относительно изменения приведенного момента сопротивления M_C к валу двигателя.

Таким образом, перечисленные агрегаты автомобиля вносят запаздывание в изменение угловой скорости двигателя ω_d относительно изменения M_C . В результате скорость, а соответственно, и производительность автомобиля снижаются. Поэтому возникает необходимость в повышении быстродействия системы управления. Для этого авторами предложена модернизированная система управления скоростью движения автомобиля путем введения в существующую систему отрицательной гибкой обратной связи.

УДК 629.331:658.512 (043.3)

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ ПОСЛЕ ДТП

Д. И. ЛЕБЕДЕВ, В. Д. РОГОЖИН
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В современном мире автомобиль является самым популярным видом транспорта, но и, в свою очередь, самым небезопасным. По данным статистического комитета Республики Беларусь «Белстат» за 2018 г., по республике было зафиксировано 3399 дорожно-транспортных происшествий (далее – ДТП), при этом 549 человек погибло, 3680 человек получили травмы [1], по статистике каждое шестое ДТП – с летальным исходом. Для установления причин, приведших к возникновению ДТП, необходимо провести, помимо прочего, автотехническую экспертизу аварийных автомобилей [2].

В проведенном исследовании, целью которого являлась разработка методики проектирования мобильных диагностических комплексов (далее – МДК) для проведения экспертизы автомобилей после ДТП в дорожных условиях, выполнены следующие задачи:

- установлен перечень видов технических воздействий при определении технического состояния ТС после ДТП;
- разработаны требования к МДК для определения технического состояния ТС после ДТП;
- выполнен выбор и обоснование исходных данных для проектирования МДК;
- определена потребность в оборудовании для МДК, потребность в энергообеспечении МДК для проведения технического состояния автомобилей после ДТП;
- предложена последовательность разработки компоновочного решения МДК.

На основании проведенных исследований с учетом [2–5] сформулированы основные этапы методики проектирования МДК, заключающиеся в том, что необходимо:

- 1) определить перечни работ, выполняемых на МДК для проведения судебной автотехнической экспертизы с учетом вопросов, которые наиболее часто ставят органы, ведущие расследование ДТП, перед экспертами, а также методики определения технического состояния ТС по условиям безопасности [1, 5], сформировать перечень воздействий на ТС участников ДТП;

2) выполнить подбор необходимого технологического оборудования (диагностического и вспомогательного). Диагностическое оборудование должно быть сертифицировано для использования на территории Республики Беларусь. Измерительное оборудование должно находиться в Государственном реестре средств измерения и проходить в установленном порядке метрологическую поверку, а в случае необходимости – метрологическую калибровку [6];

3) определить потребность проектируемого МДК в энергоресурсах;

4) с учетом сформулированных требований к колесному шасси выполнить его подбор, разработать компоновочное решение по расположению в грузовом отсеке технологического оборудования (диагностического и вспомогательного);

5) составить необходимую техническую документацию (рабочие чертежи, спецификации на оборудование и т. п.) на монтаж оборудования в грузовом отсеке выбранного под МДК грузового шасси;

6) направить МДК с комплектом необходимых документов в испытательную лабораторию для проведения испытаний и получения свидетельства о безопасности конструкции автомобилей [5].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дорожно-транспортные происшествия и пострадавшие в них по областям и г. Минску в 2018 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/solialnaya-sfera/pravonarusheniya/grafiki_diagrams/dorozhno-transportnye-proisshestviya-i-postradavshiev-nih-po-oblastyam-i-g-minsku/. – Дата доступа: 13.09.2019.

2. Автотехническая экспертиза [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sudexpert.by/sudebnye-ekspertizy/avtotekhnicheskaya-ekspertiza.html>. – Дата доступа: 04.01.2020.

3. **СТБ 1641–2006.** Транспорт дорожный. Требования к техническому состоянию по условиям безопасности движения. Методы проверки.

4. **СТБ 1730–2016.** Средства мототранспортные. Требования к техническому состоянию по условиям безопасности движения. Методы проверки.

5. О безопасности колесных ТС: технический регламент Таможенного союза ТР/ТС 018/2011, утв. Комиссией Таможенного союза от 09 дек. 2011 г. № 877.

6. Об обеспечении единства измерений: Закон Респ. Беларусь от 05.09.1995 г. № 3848-XII.

УДК 629.113

БОРТОВОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТРАНСМИССИИ

В. П. ЛОБАХ, А. С. АНТОНОВ, Е. С. ЗЯБСКИЙ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В процессе эксплуатации автомобиля происходит износ деталей агрегатов трансмиссии (сцепление, коробка передач, карданная передача и главная передача), в первую очередь их зубьев, что увеличивает зазоры, являющиеся нелинейностью, а следовательно, и динамические нагрузки на двигатель и агрегаты трансмиссии. Вследствие этого снижается безотказность и ресурс их работы. Кроме того, усиливается шумность работы и ухудшается комфорт при движении.

На поддержание агрегатов трансмиссии в исправном состоянии требуется до 20 % от общих трудовых затрат при эксплуатации автомобиля. Поэтому важным вопросом повышения эффективности работы автомобиля и снижения затрат в эксплуатации является своевременное прекращение их эксплуатации в неисправном состоянии, для чего необходимо проводить их диагностирование, что требует специальных методов и современного диагностического оборудования.

Установлено, что свободный угловой ход валов зубчатых передач повышается линейно при увеличении пробега, а это позволяет его использовать в качестве диагностического параметра. Кроме того, он обладает достаточной стабильностью и чувствительностью.

Для диагностирования используют стендовые методы диагностирования, такие как определение потерь на прокручивание трансмиссии на динамометрическом стенде, определение выбега инерционных вращающихся масс стенда и др. Однако они трудоемки и требуют громоздкого и дорогостоящего оборудования. Методы бортового диагностирования отсутствуют.

Авторами предложены методика и устройство бортового диагностирования механических трансмиссий автомобилей. В качестве диагностического параметра принят суммарный свободный угловой ход валов агрегатов трансмиссии.

Методика диагностирования заключается в измерении длительности фаз τ_1 и τ_2 отставания импульсов напряжения, получаемых от индукционных датчиков 3 и 7 (рис. 1) при произвольном положении крайних деталей трансмиссии (ведомый диск сцепления и ведомая шестерня главной передачи) и движении автомобиля на установленной передаче в тяговом и тормозном режимах работы двигателя (соответствует углам φ_1 и φ_2 на рис. 1). В этих же режимах измеряется длительность фаз (t_1 и t_2) чередования импульсов напряжения, получаемых от указанных датчиков.

Далее по выражениям определяется относительная длительность фаз в указанных режимах работы двигателя:

$$\begin{aligned} \tau_1 / t_1, \\ \tau_2 / t_2 \end{aligned} \quad (1)$$

Вычитая относительные длительности фаз в указанных режимах работы двигателя и умножая на 360 град, определяют свободный угловой ход $\Delta\varphi$ ведомой шестерни главной передачи трансмиссии, являющийся диагностическим параметром и искомой величиной:

$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = 360(\tau_1/t_1 - \tau_2/t_2). \quad (2)$$

Сравнивая замеренный свободный угловой ход с нормативной величиной, делают заключение о техническом состоянии трансмиссии.

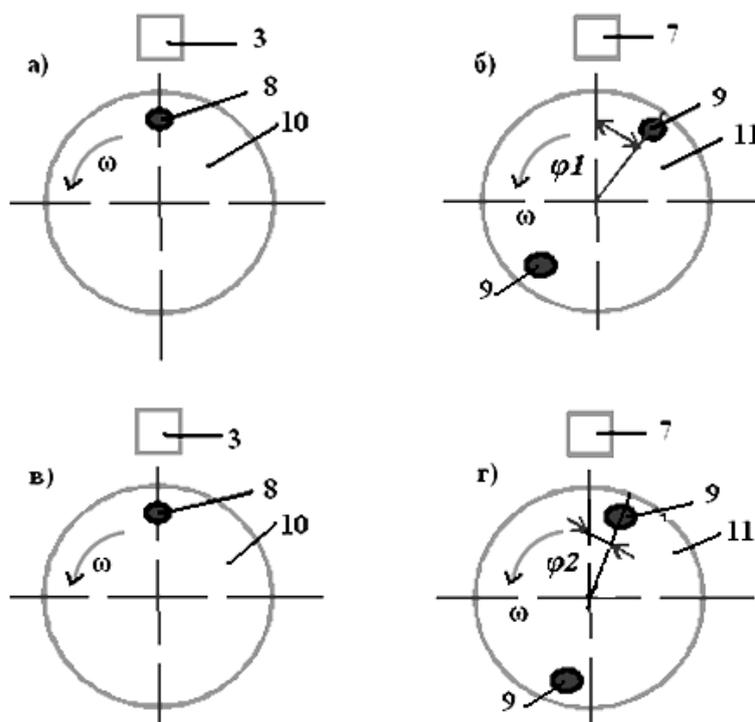


Рис. 1. Схема относительного расположения индукционных датчиков 3 и 7, вставок 8 и 9, маховика 10 и ведомой шестерни 11 главной передачи при выборе зазора в трансмиссии при режимах работы двигателя: а, б – тяговый; в, г – тормозной

Применение предлагаемых метода и устройства для его реализации позволит получить экономический эффект за счет снижения затрат на ремонт трансмиссии, что обусловлено своевременным выявлением неисправностей.

УДК 629.113

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТРАНСМИССИИ

В. П. ЛОБАХ, В. В. ГЕРАЩЕНКО, А. С. АНТОНОВ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

При эксплуатации автомобиля происходит износ деталей агрегатов трансмиссии, что увеличивает свободный ход, а следовательно, и динамические нагрузки на двигатель и агрегаты трансмиссии. Из-за этого снижается безотказность и ресурс работы агрегатов, вследствие чего увеличиваются затраты на эксплуатацию автомобиля.

Предотвратить отказы возможно путем проведения диагностирования. Так как агрегаты трансмиссии состоят в основном из зубчатых передач, износы которых происходят по линейной зависимости, то в качестве диагностического параметра целесообразно принять свободный угловой ход валов агрегатов. Из методов диагностирования наиболее эффективным является бортовое, т. к. оно позволяет вести постоянный контроль технического состояния объекта.

Было разработано достаточно простое устройство (рис. 1) бортового диагностирования механических трансмиссий автомобилей.

Устройство для бортового диагностирования трансмиссии (см. рис. 1) состоит из двигателя 1, сцепления 2 с установленной на его кожухе индукционной катушкой 3, коробки передач 4, карданной передачи 5, главной передачи 6 с установленной на ее кожухе катушкой индуктивности 7.

В отверстия маховика и ведомой шестерни главной передачи установлены металлические вставки, формирующие импульсы напряжения на катушках, с помощью которых определяют относительное положение указанных деталей, необходимое для определения износа деталей трансмиссии. Катушки индуктивности 3 и 7 установлены на расстоянии 2...3 мм от зубчатых венцов маховика и ведомой шестерни главной передачи.

При движении автомобиля импульсы напряжения с катушек 3 и 7 подаются с соответствующими преобразованиями на дифференцирующие цепи 8 и 9 с отсекающими диодами 10 и 11 и далее – на триггер 12, выполненный на первом 13 и втором 14 транзисторах и четырех резисторах. При этом базы транзисторов 13 и 14 соединены с выходами дифференцирующих цепей 8 и 9. Далее импульсы напряжений подаются на согласующий усилитель 15, выполненный на транзисторе 16 и резисторе 20, входом соединенный с выходом триггера 12, интегрирующую цепь 17, выполненную на резисторе и конденсаторе, выходной резистор 18 и измерительный прибор 19, который показывает длительность отставания фаз положения маховика и ведомой шестерни при тяговом и

тормозном режимах работы двигателя. Одновременно импульсы напряжения с триггера 12 поступают на триггер 21 со счетным запуском и после преобразования – на измерительный прибор 29, который показывает длительность фаз чередования импульсов с катушек 3 и 7 маховика и ведомой шестерни при тяговом и тормозном режимах работы двигателя.

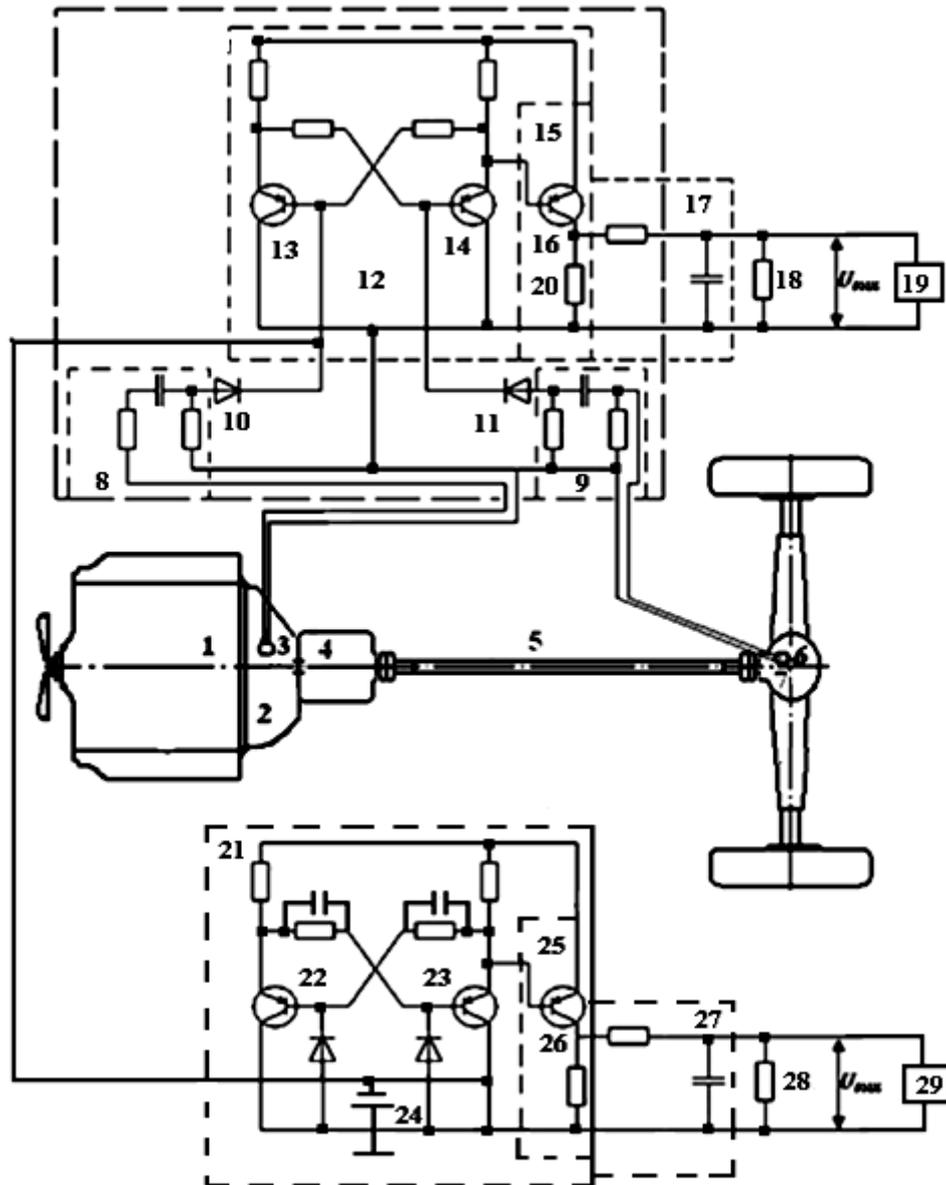


Рис. 1. Схема устройства для бортового диагностирования трансмиссии автомобиля

После вычитания относительной длительности фаз при тяговом и тормозном режимах работы двигателя получаем свободный угловой ход валов трансмиссии, сравнивая который с нормативной величиной делается заключение о техническом состоянии трансмиссии.

УДК 656.13.072
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ
ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА
В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

С. В. ЛЯХОВ, А. М. БУБНОВА, В. Г. МОНКЕВИЧ
Белорусский научно-исследовательский институт
транспорта «Транстехника»
Минск, Беларусь

В Республике Беларусь городской электрический транспорт представлен в девяти городах. Как видно из табл. 1, количество электрического транспорта в Минске, Бресте и Витебске составляет около 50 %, в Гомеле и Гродно – 40 %, в Могилеве – 35 %. При этом 40 % электротранспорта приходится на троллейбусы, за исключением Витебска, где количество троллейбусов и трамваев примерно равное. В Новополоцке и Мозыре трамвай занимает 40 % транспорта, в Бобруйске троллейбус занимает 30 %.

Табл. 1. Распределение городского пассажирского транспорта на середину 2019 г.

Населенный пункт	Автобусы, %	Троллейбусы, %	Троллейбусы с автономным ходом, %	Трамваи, %	Электробусы (на середину 2019 г.), %	Вагоны метрополитена, %
Минск	52	37	–	4	4	3
Брест	51	47	2	–	–	–
Витебск	49	30	1	20	–	–
Гомель	59	40	1	–	–	–
Гродно	59	39	2	–	–	–
Могилев	65	34	Менее 1	–	Менее 1	–
Бобруйск	70	30	–	–	–	–
Новополоцк	65	–	–	35	–	–
Мозырь	58	–	–	42	–	–

Всего в представленных в таблице городах эксплуатируется около 2100 автобусов (что составляет 55 %), 1350 троллейбусов (36 %), 82 трамвая (5 %) и 14 троллейбусов с автономным ходом.

В табл. 2 представлено изменение количества транспорта по видам в городах, имеющих инфраструктуру электрического транспорта. В 2021–2025 гг. увеличение количества автобусов будет проходить планомерно с невысоким темпом и составит около 30 в год. Количество классических троллейбусов будет сокращаться с высоким темпом, особенно резкое сокращение планируется на 2020–2022 гг. Классические троллейбусы будут заменяться на троллейбусы с автономным ходом, при этом увеличения длины контактной сети не рассматривается. Убыль классических троллейбусов практически будет равной приросту троллейбусов с автономным ходом. Например, только в Минске планируется в 2020–2022 гг. закупить 890 единиц таких троллейбусов.

Табл. 2. Изменение количества транспорта по видам в городах, имеющих городской электрический транспорт

Вид транспорта	Год								
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Автобусы	-68	+40	-27	+32	+32	+32	+31	+31	+30
Троллейбусы	-73	-33	-117	-180	-269	-275	-43	-79	-96
Троллейбусы с автономным ходом	+1	+6	+84	+173	+303	+414	+58	+52	+62
Трамваи	-6	-9	-6	+7	0	0	0	0	0
Электробусы	+20	+8	+52	0	+16	+12	+6	+10	+15
Вагоны метро	0	0	+24	+20	+20	+20	+48	+15	+5

Суммарная закупка электробусов в новой пятилетке предполагается крайне малой – 59 единиц электробусов. Увеличения количества трамваев не предусматривается.

В последние пять лет наблюдается снижение пассажиропотока городского электрического транспорта, срок эксплуатации автобусов и троллейбусов приближается к нормативному. Практически весь приобретаемый в перспективе транспорт будет направлен на восполнение парка списываемого транспорта.

Можно констатировать, что при отсутствии целенаправленных мероприятий по развитию городского электрического транспорта оптимистическим сценарием будет замена классических троллейбусов на троллейбусы с автономным ходом, а перехода в массовом количестве на электробусы не предполагается. Транспортными предприятиями в городах, не имеющих инфраструктуры электрического транспорта, приобретение электробусов в настоящее время не рассматривается.

Отказ от приобретения электробусов в первую очередь связан с экономической причиной – это высокая стоимость владения. Стоимость электробуса более чем в 2 раза выше автобуса. Кроме того, сюда нужно прибавить и стоимость зарядных станций и стоимость прокладки кабеля. В результате стоимость маршрута электробуса неконкурентоспособна автобусному маршруту. При организации маршрута с электробусами большая часть расходов приходится не на обслуживание и потребляемую электрическую энергию, а на амортизационные отчисления, которые напрямую влияют на себестоимость перевозки, что опять же делает электробус неконкурентоспособным.

Заключение

Необходимо в рамках Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь предусмотреть отдельное направление развития инновационного городского пассажирского транспорта на электротяге, включая создание электробусов с ночной зарядкой, а также разработать план субсидирования производства и приобретения инновационного городского пассажирского транспорта на электротяге, его компонентов и зарядных станций на 2021–2025 гг.

УДК 629.113

**СНИЖЕНИЕ МАССЫ ПЕРЕДНЕГО МОСТА ТРАКТОРА
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОЛЕСНЫХ ТОРМОЗОВ**

А. С. МЕЛЬНИКОВ, А. А. МЕЛЬНИКОВ, А. С. АНТОНОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В связи с предлагаемым оснащением колесного трактора Беларус-1221 тормозными механизмами передних колес, рассматривается вопрос о снижении массы как передних колесных узлов, так и переднего моста в целом. Оснащение тормозными механизмами передних колес трактора неизбежно ведет к увеличению массы переднего моста в связи с включением в конструкцию переднего моста тормозного щита для размещения тормозных колодок, гидравлических цилиндров и тормозного барабана. Размеры указанных основных компонентов тормозного механизма определяются размерами непосредственно самого тормозного барабана, задающего размер тормозным колодкам и тормозному щиту. Решение задачи по снижению массы тормозного механизма и, соответственно, массы колесного узла и переднего моста производилось с учетом достижения необходимой эффективности колесного тормозного механизма передних колес трактора. Для трактора Беларус-1221 необходимый тормозной момент на передних колесах составляет $M = 4451,1 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Для реализации указанного значения тормозного момента тормозной барабан должен иметь диаметр рабочей поверхности $D = 348 \text{ мм}$. Для снижения массы элементы тормозного механизма размещались в колесном узле с использованием имеющихся конструктивных элементов: крепление тормозного барабана к ступице осуществлено с помощью болтов крепления колесного диска к ступице, размещение тормозного щита производилось на торцевой поверхности крышки колесного редуктора без введения дополнительных конструктивных элементов. Кроме этого, проводилась работа по повышению эффективности тормозного механизма: предложен тормозной механизм с использованием составной тормозной колодки, работающей как одна активная колодка. Это позволяет не только сократить размеры тормозного барабана, колодок и тормозного щита при повышении эффективности, но также снизить стоимость тормоза, уменьшив количество приводных гидроцилиндров до одного.

УДК 629.113
 ФОРМИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАЖИМНОГО
 УСТРОЙСТВА И ТОРМОЗНОГО МЕХАНИЗМА
 С МЕХАНИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

А. С. МЕЛЬНИКОВ, А. А. МЕЛЬНИКОВ, А. С. АНТОНОВ
 Белорусско-Российский университет
 Могилев, Беларусь

Механическое устройство дискового тормозного механизма, создающее усилия, прижимающие тормозные колодки к тормозному диску, имеет наклон рабочих поверхностей $\beta = 16...31^\circ$ в зависимости от значения параметров тормозного механизма, которые требуется обеспечить. При этом коэффициент полезного действия нажимного устройства меняется от $\eta = 0,611$ при $\beta = 16^\circ$ до $\eta = 0,773$ при $\beta = 31^\circ$.

Возрастание величины необходимого тормозного момента требует увеличения угла наклона рабочих поверхностей, приводящего к возрастанию усилия прижатия тормозных колодок к диску, а также среднего радиуса трения тормозного диска. Для двухколесного мотоцикла весом 128 кг средний радиус трения тормозного диска составляет $R_{cp} = 0,196$ м, при этом достигается необходимый тормозной момент на переднем колесе $M_1 = 397$ Н·м, угол наклона рабочих поверхностей $\beta = 23^\circ$, коэффициент полезного действия при этом $\eta = 0,71$. Повышение эргономики управления мотоциклом, достигаемое снижением прикладываемой нагрузки к приводному рычагу привода тормоза, а также в случае увеличения веса мотоцикла требуемое увеличение тормозного момента достигается уменьшением угла наклона рабочих поверхностей при сохранении среднего радиуса трения тормозного диска: при уменьшении угла подъема резьбы с $\beta = 23^\circ$ до $\beta = 20^\circ$ развиваемый тормозной момент возрастает с $M = 397$ Н·м до $M = 449$ Н·м. При снижении угла наклона рабочих поверхностей для достижения вышеуказанных целей ограничением снижения угла наклона рабочих поверхностей выступает критерий отсутствия самоторможения, что позволяет исключить из конструкции тормоза дополнительные устройства, предназначенные для обеспечения отвода тормозных колодок от диска. Для этого необходимо, чтобы угол наклона рабочих поверхностей был больше угла трения $\beta > \varphi$ (обычно, $\beta \geq 2\varphi$). Возрастание угла наклона рабочих поверхностей ограничивается в свою очередь увеличением приводного усилия на приводном рычаге тормоза и незначительным приростом коэффициента полезного действия.

УДК 629.331 (043.3)
ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРОЙ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПАРКА АВТОМОБИЛЕЙ

А. Ю. ПЕРОВ, В. Д. РОГОЖИН
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Возрастная структура парка подвижного состава влияет на эффективность транспортной работы в целом. Средний возраст автомобилей в парке неблагоприятно сказывается на уровне их технического состояния, что негативно сказывается на таких показателях, как безопасность движения, экологичность парка автомобилей [1]. Исследование посвящено совершенствованию методики управления возрастной структуры парка на стадии проектирования предприятия автомобильного транспорта. В качестве объекта исследования рассматривался парк специализированного подвижного состава – автомобилей МЧС (далее – ПА). В ходе достижения цели исследования был решен ряд задач и получены основные результаты, суть которых заключается в следующем.

Полученные данные по среднегодовому пробегу пожарных автоцистерн позволяют оценивать их средний ресурс и являются основанием для детального рассмотрения условий и режимов эксплуатации ПА с целью прогнозирования индивидуальных значений их ресурса.

Разработана методика по совершенствованию ВС парка специализированных автомобилей на стадии проектирования предприятий АТ.

Установлено, что после восьмого года эксплуатации ПА с высокой интенсивностью, рекомендовано готовить к передаче такие ПА в пожарно-спасательную часть с меньшей интенсивностью их использования.

При помощи разработанной программы «Расчета закономерности случайных процессов изменения технического состояния двигателя и специального оборудования ПА» и полученных данных рекомендовано корректировать нормы моторесурса основных агрегатов ПА до списания и КР.

Применение данных рекомендаций позволит снизить количество случайных отказов ПА, оптимизировать эксплуатационные затраты и капиталовложения, уменьшить затраты на ТО и ремонт, потребность в персонале и ПТБ для ТО и ремонта, потребность в затратах на запасные части и т. д.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кузнецов, Е. С.** Техническая эксплуатация автомобиля: учебник для вузов / Е. С. Кузнецов. – Москва : Транспорт, 1991.

УДК 62-592.13:629.13
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСТРЕННОГО ТОРМОЖЕНИЯ
АВТОМОБИЛЯ ПУТЕМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЕГО КИНЕТИЧЕСКОЙ
ЭНЕРГИИ В КОЛЕСНЫХ ТОРМОЗАХ

С. Ф. ШАШЕНКО, О. В. БИЛЫК
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Экстренное торможение автомобиля – сложный маневр, выполняемый при возникновении опасных ситуаций на дороге. Важно отметить, что подобные действия допускается осуществлять лишь в определенных обстоятельствах, все они определяются правилами дорожного движения. Практически большая часть дорожно-транспортных происшествий связана с экстренным торможением автомобилей.

Экстренное торможение автомобиля совершается при полной блокировке колес машины. При этом диссипация кинетической энергии происходит за счет работы трения в контакте колес машины с дорогой при относительном скольжении контакта колес относительно поверхности дороги. Полная блокировка колес при экстренном торможении вызывает скольжение контакта колес, при котором наблюдается резкое уменьшение коэффициентов сцепления с дорогой, особенно в его боковом направлении. При этом автомобиль теряет устойчивость и управляемость. По этой причине в автомобилях используется антиблокировочная система (АБС). АБС не допускает полной блокировки колес при торможении. Это позволяет автомобилю сохранять устойчивость при движении на покрытиях с низким коэффициентом сцепления (гравий, мокрый асфальт, снег, лед). Кроме того, автомобиль, оснащенный АБС, повышает устойчивость и управляемость автомобиля при его торможении по поверхности с низким коэффициентом сцепления.

Для исключения скольжения контактов колес в начале экстренного торможения автомобиля нами создан преобразователь кинетической энергии машины во внутреннюю потенциальную энергию упругого элемента, размещенного в конструкции тормозного механизма. Упругий элемент, включенный в тормозной механизм, создает гармонический осциллятор, возбуждающий автоколебания тормозной силы в контакте тормозящего колеса с поверхностью дороги. Таким образом, ускоряется диссипация кинетической энергии и уменьшается скорость относительного скольжения контактов колес автомобиля, и тем самым повышается эффективность торможения, устойчивость и управляемость автомобиля при экстренном торможении.

УДК 666.9.022
САМОУПЛОТНЯЮЩИЕСЯ ДИСПЕРСНО АРМИРОВАННЫЕ
ЛЕГКИЕ БЕТОНЫ НА МЕХАНОАКТИВИРОВАННОМ ВЯЖУЩЕМ

И. В. БАРАБАШ¹, Т. И. БАРАБАШ¹, О. С. ЩЕРБИНА²

¹Одесская государственная академия строительства и архитектуры

²ООО Баутех-Украина

Одесса, Украина

Технология приготовления легких бетонов из высокоподвижных бетонных смесей на механоактивированном шлакопортландцементе позволяет объединить положительные качества легкого бетона с уникальными реологическими свойствами высокоподвижных смесей. Бетонные смеси, которые не требуют принудительного уплотнения при укладке, реализовывались во многом благодаря применению добавок на основе эфиров поликарбоксилатов [1]. Кроме применения особого вида суперпластификатора, технология приготовления и испытания таких бетонных смесей имеет ряд других особенностей, касающихся, в частности, методики подбора составов, специфики испытаний реологических свойств смесей, особенностей приготовления, транспортировки, укладки и пр.

В работе приводятся результаты исследований свойств самоуплотняющихся легких бетонов на цементной матрице, армированной базальтовыми волокнами. Базальтовые волокна существенно снижают риск деформации цементного теста на ранней стадии твердения, что уменьшает опасность образования усадочных трещин.

Решение вопроса получения керамзитобетона с улучшенными физико-механическими характеристиками из высокоподвижных бетонных смесей достигается комплексом рецептурно-технологических воздействий, а именно: механоактивацией вяжущего и его расходом, количеством базальтовой фибры, содержанием поликарбоксилатного суперпластификатора. Обеспечение расплыва конуса бетонной смеси не менее 50 см позволяет резко снизить трудоемкость и энергоемкость процесса укладки бетонной смеси, повысить уровень механизации работ, а также значительно улучшить условия труда за счет снижения шумовых и вибрационных воздействий.

В качестве вяжущего в исследованиях была принята тонкомолотая (270 м²/кг) смесь портландцементного клинкера (50 %), двуводного гипса (5 %) и доменного шлака (45 %). Выбор заданной концентрации доменного шлака, согласно [2], обеспечивает наибольшее значение коэффициента использования вяжущего. Механоактивация вяжущего осуществлялась в специально созданном скоростном активаторе с количеством оборотов рабочего органа смесителя 2800 об/мин. Время активации вяжущего находилось в интервале 90...120 с и лимитировалось термином достижения ми-

нимальной вязкости цементосодержащей суспензии. После механоактивации суспензия смешивалась с отдозированными количествами фибры, кварцевого песка и керамзитового гравия в ординарном бетоносмесителе.

Для снижения водопоглощения керамзитовый гравий предварительно обрабатывался кремнийорганической жидкостью и высушивался при температуре 100 °С. Расход кварцевого песка колебался в диапазоне от 727 до 812 кг/м³, керамзитового гравия – от 630 до 715 л/м³. Повышенный расход кварцевого песка связан с особенностью составов самоуплотняющихся бетонных смесей.

Исследования проводились по стандартному трехфакторному плану, содержащему 15 экспериментальных точек. Независимыми рецептурно-технологическими факторами были приняты:

X_1 – количество шлакопортландцемента, $X_1 = (450 \pm 100)$ кг/м³;

X_2 – количество суперпластификатора, $X_2 = (1 \pm 0,5)$ %;

X_3 – количество базальтовой фибры, $X_3 = (0,5 \pm 0,5)$ %.

Установлено, что активация вяжущего приводит к повышению прочности бетона по сравнению с контролем (бетон на немеханоактивированном портландцементе, суперпластификатор и базальтовая фибра отсутствуют) с 11,3 до 29,5 МПа, т. е. более чем в 2,6 раза.

Механоактивация вяжущего позволяет повысить как износостойкость, так и ударную стойкость бетона. Установлено, что введение базальтовой фибры в портландцемент совместно с механоактивацией вяжущего дает возможность снизить истираемость бетона с 0,44 до 0,13 г/см², а также повысить ударную прочность бетона почти в 2 раза. Предложенный комплекс рецептурно-технологических воздействий позволяет обеспечить морозостойкость бетона не ниже 350 циклов переменного замораживания и оттаивания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Okamura, Hajime.** Self-Compacting Concrete / Hajime Okamura, Masahiro Ouchi // Journal of Advanced Concrete Technology. – 2003. – Vol. 1, № 1. – P. 5–15.

2. **Щербина, О. С.** Високотехнологічний керамзитофібробетон на механо-активованому шлакопортландцементі з добавкою базальтової фібри: автореф. дис. ... канд. техн. наук 05.23.05 / О. С. Щербина. – Одеса: ОДАБА, 2017. – 24 с.

УДК 69.001.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ 3D-ПЕЧАТИ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

О. В. ГОЛУШКОВА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Анализируя программы развития строительных отраслей развитых стран мира (Китай, США, Великобритании, ОАЭ), можно отметить, что государственные программы на ближайшие 5 лет предусматривают выделение существенных объемов финансирования на развитие технологий 3D-печати в строительстве – это финансирование образования, создания новых строительных материалов и соответствующего оборудования. Самая крупная государственная программа развития аддитивных технологий реализуется в ОАЭ и предусматривает к 2025 г. возведение одной четверти всех зданий, построенных в Дубае с помощью строительной 3D-печати [1].

В Республике Беларусь в настоящее время BIM-технологии широко используются на стадии проектирования объектов строительства. Для этого разработаны План внедрения технологий информационного моделирования в строительную отрасль и нормативно-правовая база, обеспечивающая возможности информационного моделирования зданий первого и второго уровней сложности: оговорены используемые для моделирования программные продукты, перечень зданий, проектирование которых не возможно без BIM-технологий, организационные мероприятия со стороны проектных организаций, введены изменения в учебную и рабочую документацию по преподаванию дисциплин соответствующих профилю подготовки будущих инженеров-строителей. Однако возведение объектов, запроектированных с помощью информационных технологий, происходит традиционными методами, тогда как в развитых странах здания уже возводятся с помощью аддитивных технологий.

Разработка технологий 3D-печати в строительстве сопряжена с определенными трудностями, которые связаны с отсутствием и необходимостью разработки:

- отечественных строительных материалов с определенными прочностными, реологическими, теплоизоляционными и атмосферостойкими свойствами;
- соответствующего оборудования – оборудования для приготовления и подачи строительных смесей, 3D-строительных принтеров, обладающих широким радиусом действия, не зависящих от погодных условий и экономичных в обслуживании;
- систем управления и навигации 3D-строительных принтеров для их установки в условиях строительной площадки;

- оборудования для автоматического контроля за процессом «печата-
ния» зданий на предмет возникновения отклонений и деформаций;
- нормативных документов, обеспечивающих возможность использо-
вания данных технологий в современном строительстве в соответствии
с нормативной базой;
- технологических процессов и документации для производства работ;
- подготовки строительных кадров для выполнения комплекса работ
по возведению объектов по аддитивным технологиям.

Для внедрения в строительное производство данных технологий по-
требуются дополнительные финансовые вложения, но при этом возникает
множество преимуществ, связанных с перспективами применения
3D-печати, – это безотходное строительное производство, возможность
использования экологически чистых материалов, обеспечение непрерыв-
ности процесса проектирования, строительства и эксплуатации зданий и
развитие научно-исследовательской деятельности в данном направлении,
которая не только затронет область строительства, но и позволит перейти к
новому технологическому укладу.

Себестоимость и эксплуатационные расходы по содержанию постро-
енных зданий и сооружений оказывают воздействие на формирование рен-
табельности промышленного производства и конкурентоспособности вы-
пускаемой продукции, поэтому развитие аддитивных технологий в строи-
тельстве на основе BIM-технологий в проектировании является решающим
фактором в обеспечении перехода на новый технологический уклад строи-
тельной отрасли. Данный технологический уклад невозможно реализовать
без обязательного использования BIM-технологий, поскольку технологии
3D-печати позволяют автоматизировать воспроизводство 3D-модели объ-
екта физически.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Пустовгар, А. П.** Технология и организация аддитивного строи-
тельства / А. П. Пустовгар, А. О. Адамцевич, А. А. Волков // Промышлен-
ное и гражданское строительство. – 2018. – № 9. – С. 12–19.
2. **Голушкова, О. В.** Технологии информационного моделирования
зданий при строительстве / О. В. Голушкова, А. В. Коляда, А. М. Голуш-
ков // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: мате-
риалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2019. –
С. 234–235.
3. 3D-печать в строительстве, обзор существующего опыта / Ю. Д.
Самуйлов, А. И. Мажанова, Д. В. Змушко, Е. С. Кохнович, О. Н. Скарина // Проблемы современного строительства: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Минск: БНТУ, 2018. – С. 205–212.

УДК 69.001

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛОГО ФОНДА В МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

О. В. ГОЛУШКОВА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Снижение теплопотребления за счет эффективного и рационального использования тепловой энергии в жилых многоквартирных домах предусмотрено на законодательном уровне [1]. Согласно указу Президента Республики Беларусь, определена возможность осуществления тепловой модернизации жилых домов и механизм участия в этом процессе жильцов. Финансировать такие проекты могут собственники жилых помещений – 50 %, государство со средств местных бюджетов на капитальный ремонт жилищного фонда – не более 10 % и от приватизации жилых домов – не менее 10 %, международные финансовые организации.

Тепловые потери особенно ощутимы в домах времен постройки по 1996 г. и распределяются по конструктивным элементам согласно рис. 1.

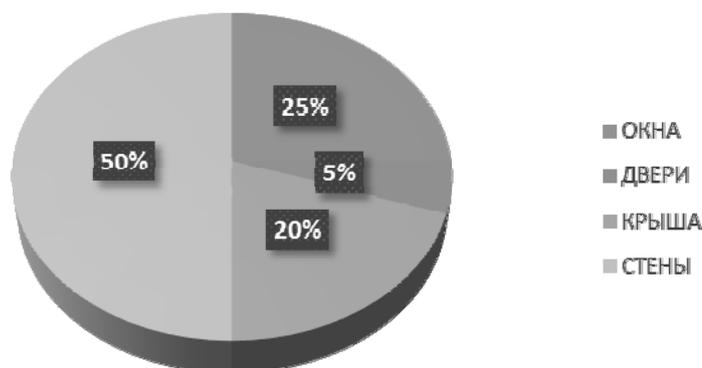


Рис. 1. Структура тепловых потерь в жилых домах

В реализации программы повышения энергоэффективности многоквартирных жилых домов будут изначально участвовать дома, состоящие в перспективных программах капитального ремонта с учетом показателя удельного расхода тепловой энергии, который не должен превышать 90 кВт·ч/год. В настоящее время в Могилевской области только 3,4 % (111 шт.) многоквартирных жилых домов соответствуют этому значению показателя удельного расхода тепловой энергии (рис. 2).

Поскольку львиная доля потерь тепла приходится на стены и окна, то при повышении энергоэффективности будет выполняться утепление конструктивных элементов здания с доведением до уровня нормативного сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций, замена

окон и дверей с улучшенными требованиями по теплопередаче, реконструкция и техническая модернизация системы отопления, горячего водоснабжения и тепловых пунктов, устройство систем вентиляции воздуха с рекуперацией тепла и систем дистанционного съема показаний с индивидуальных приборов учета тепловой энергии, устройство приборов индивидуального учета и регулирования тепла.

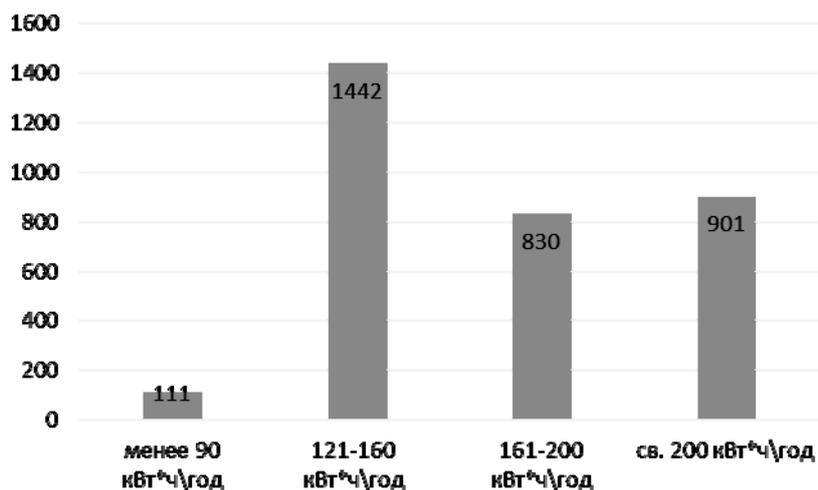


Рис. 2. Сведения по энергопотреблению многоквартирных жилых домов в Могилевской области на конец 2019 г.

В 2020 г. в Могилевской области планируется начать реализацию пилотного проекта по повышению энергоэффективности многоквартирных жилых домов, который будет финансироваться Всемирным банком и Европейским инвестиционным банком. Данный проект состоит из двух частей. Первая часть предусматривает замену входных окон и дверей в подъезде, мероприятия капремонта, создание автоматизированных тепловых пунктов и установки терморегуляторов, установку поквартирных приборов учета тепловой энергии. Вторая часть включает мероприятия первой части и дополняется тепловой реновацией наружных стен, кровли, перекрытий над подвалом, поквартирную замену окон.

С целью интенсификации работы в данном направлении в Могилеве в настоящее время планируется создание отдельной службы заказчика по проведению капитальных ремонтов многоэтажных жилых домов с выполнением энергоэффективных мероприятий по Могилевской области.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. О повышении энергоэффективности многоквартирных жилых домов: Указ Президента Респ. Беларусь от 04 сент. 2019 г. № 327.

УДК 69.059
УСИЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОЛОННЫ СТАЛЬНОЙ ОБОЙМОЙ
И МЕЛКОРАЗМЕРНЫМИ КАМЕННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

С. В. ДАНИЛОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Для усиления и восстановления железобетонных колонн существует большой арсенал конструктивных и организационно-технологических решений, среди которых основными (базовыми) являются: усиление железобетонными обоймами, рубашками и наращиваниями; усиление стальными обоймами без обетонирования и с обетонированием.

Все вышеперечисленные способы усиления и восстановления железобетонных колонн имеют свои достоинства и недостатки. К основным недостаткам указанных способов можно отнести высокую трудоемкость, значительный перечень строительных процессов и монтажных приспособлений, а также длительные сроки набора прочности бетоном.

Поэтому задачей разработки нового способа усиления [1] является повышение эффективности усиления при восстановлении железобетонной колонны в стесненных условиях производства работ, снижение трудоемкости, сокращение сроков ремонтно-восстановительных работ.

Решение указанной задачи заключается в том, что стальную обойму усиления, состоящую из сваренных между собой продольных уголков и поперечных планок, устанавливают с зазором от железобетонной колонны, а указанный зазор заполняют мелкоштучными каменными материалами правильной формы на строительном растворе (рис. 1).

Способ усиления железобетонной колонны стальной обоймой и мелкоштучными каменными материалами осуществляют следующим образом [1]. Разгружают усиливаемую колонну на 35...40 % путем установки временных разгрузочных элементов, например, в виде винтовых стоек. Монтируют стальную обойму усиления, состоящую из продольных уголков и приваренных к ним в стык поперечных планок, с зазором от усиливаемой железобетонной колонны (рис. 1, а). При этом верхний пояс поперечных планок приваривают к продольным уголкам на расстоянии $T + 30$ от перекрытия, где T – высота применяемого мелкоштучного каменного материала. На поверхности колонны удаляют разрушенный слой бетона, выполняют дополнительные насечки для улучшения сцепления бетона усиливаемой колонны с мелкоштучными каменными материалами. Заполняют зазор между колонной и стальной обоймой усиления мелкоштучными каменными материалами на строительном растворе. Зачеканивают зазор между перекрытием и мелкоштучными каменными материалами жестким раствором марки не ниже М100 на всю глубину (рис. 1, б). Приваривают опорные стальные уголки

ки к обойме усиления. Поле достижения кладки из мелкоштучных каменных материалов прочности – не менее 70 % от проектного значения, временные разгрузочные элементы демонтируют (рис. 1, в).

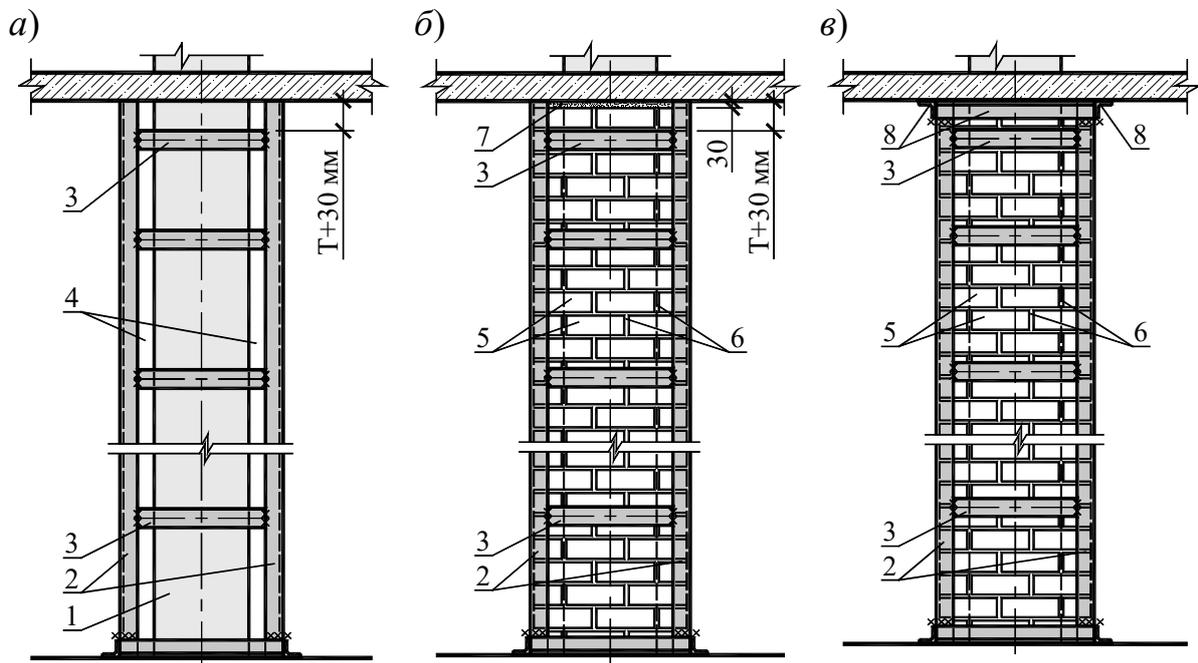


Рис. 1. Усиление железобетонной колонны стальной обоймой и мелкоштучными каменными материалами: *а* – вид колонны в процессе установки стальной обоймы усиления; *б* – вид колонны после заполнения зазора между усиливаемой колонной и стальной обоймой усиления мелкоштучными каменными материалами; *в* – законченный вид колонны после усиления; 1 – железобетонная колонна; 2 – продольные стальные уголки; 3 – поперечные стальные планки; 4 – зазор между усиливаемой колонной и стальной обоймой усиления; 5 – мелкоштучные каменные материалы правильной формы; 6 – строительный раствор; 7 – зазор между перекрытием и мелкоштучными каменными материалами, заполненный жестким раствором; 8 – опорные стальные уголки

В результате усиления железобетонной колонны предлагаемым способом повышается эффективность усиления за счет более полного включения в совместную работу продольных уголков обоймы усиления и мелкоштучных каменных материалов, заполняющих зазор между колонной и стальной обоймой усиления. Снижаются трудоемкость и сроки усиления железобетонной колонны из-за отсутствия опалубочных и бетонных работ, а также уменьшаются сроки по нагружению усиливаемой колонны расчетной нагрузкой [1].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способ усиления железобетонной колонны: пат. ВУ 22687 / С. В. Данилов, И. Л. Опанасюк. – Опубл. 30.08.2019.

УДК 625.72: 528.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Ю. А. КАТЬКАЛО, А. А. КАТЬКАЛО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

При контроле качества сооружения земляного полотна в числе геометрических параметров определяют радиусы вертикальных кривых, уклоны и отметки продольного профиля. Применение современных электронных приборов позволяет отказаться от традиционных способов получения радиусов вертикальных кривых [1, 2] и других параметров.

Перед определением параметров продольного профиля необходимо отыскать на местности положение характерных точек: начало *НК*, конец *КК*, вершина *ВК* вертикальной кривой. Для этого на прямой линии, предшествующей закруглению, устанавливают тахеометр. На вехе отмечают высоту прибора. Направляют линию визирования в соответствии с уклоном прямой. Перемещают веху и, наблюдая за ней в зрительную трубу, при устойчивом смещении визирного луча с высоты прибора получают точку *НК*. Подобным образом находят точку *КК*. Для нахождения точки *ВК* тахеометр устанавливают вблизи вершины. Визирному лучу придают горизонтальное положение. Переставляя веху, наблюдают при выпуклой кривой минимальный, а при вогнутой – максимальный отсчет, который будет соответствовать *ВК*.

Для определения действительного радиуса вертикальной кривой требуются длины участков вертикальной кривой и превышения между их конечными точками. Для решения этой задачи при использовании электронного тахеометра Trimble M3 следует обратиться к функции «Определение размеров». При тахеометрах Leica серии FlexLine plus выбирают функцию «Косвенные измерения». С помощью этих функций после дальномерных измерений на две точки вычисляются наклонные расстояния, горизонтальные проложения, превышения.

На местности по вертикальной кривой через некоторые интервалы от вершины *ВК* в обе стороны намечают точки и электронным тахеометром измеряют расстояния l_{BK-i} и превышения h_{BK-i} относительно точки *ВК*. После измерения первого расстояния выбирают радиальный метод последующих измерений.

Для вертикальной кривой превышение любой ее точки относительно вершины вычисляется по формуле

$$h_{BK-i} = \frac{l_{BK-i}^2}{2R},$$

где l_{BK-i} – расстояние от вершины BK до точки i на вертикальной кривой; R – радиус вертикальной кривой.

Подставив в эту формулу измеренные величины, получаем радиус вертикальной кривой

$$R = \frac{l_{BK-i}^2}{2h_{BK-i}}.$$

Радиус следует определить несколько раз (не менее трех) в разных точках вертикальной кривой и принять среднее его значение. Для более надежного определения радиуса точки следует назначать на удаленных от BK расстояниях.

Одновременно с нахождением расстояний и превышений определяются отметки измеряемых точек.

Длина вертикальной кривой K находится как сумма расстояний от вершины BK до начала NK и конца KK кривой.

Если при измерениях отсутствует видимость части кривой и не удастся определить расстояния и превышения относительно точки BK , то следует переставить тахеометр и продолжить измерения от точки i . Тогда

$$R = \frac{(l_{BK-i} + l_{i-(i+\kappa)})^2}{2(h_{BK-i} + h_{i-(i+\kappa)})},$$

где κ – новая нумерация точек после i -й, $\kappa = 1, 2, 3, \dots$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Катькало, Ю. А. Определение радиусов вертикальных кривых автомобильных дорог / Ю. А. Катькало, П. Н. Гобралев, К. Н. Головков // Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и мостов: сб. науч. тр. – Минск: БелдорНИИ, 2005. – Вып. 18. – С. 20–26.

2. Применение электронных тахеометров для контроля качества работ при строительстве автомобильных дорог / Ю. А. Катькало, Н. В. Тулуевский, Д. Н. Дроздов, И. М. Дормаковский // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2015. – № 3. – С. 143–151.

УДК 624.072.21.7
 ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
 СОСТОЯНИЯ ОДНОПРОЛЁТНЫХ БАЛОК НА ВИНКЛЕРОВСКОМ
 ОСНОВАНИИ ОТ УГЛОВЫХ СМЕЩЕНИЙ МЕТОДОМ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

О. В. КОЗУНОВА, К. ШЕР МОХАММАД
 Белорусский государственный университет транспорта
 Гомель, Беларусь

В работе методом перемещений получено и проанализировано напряжённо-деформированное состояние (НДС) однопролётных балок на упругом основании Винклера от угловых смещений опор. Опорные закрепления различны. Численная реализация сформулированных краевых задач осуществлена в прикладном пакете «Mathematica».

Исследования Л. И. Манвелова, Э. С. Барташевича [1], И. И. Черкасова [2], М. И. Горбунова-Посадова [3] свидетельствуют о том, что модель Винклера даёт хорошее первое приближение к действительности при проектировании фундаментных конструкций на упругом основании (рис. 1). Эта простая модель, которая кроме практического применения, имеет и методическое преимущество, – на примере модели Винклера легко объяснить многие сложные решения, которые при моделировании другими моделями теряются в громоздких математических соотношениях.

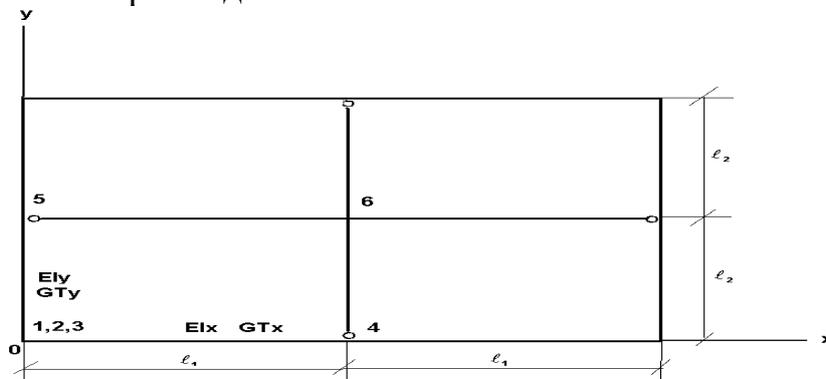


Рис. 1. Система перекрестных балок на основании Винклера

Метод перемещений для расчета балки на упругом основании предложил Д. П. Пашевский [4]. Этот метод в классической постановке называется методом деформаций и используется для расчета однопролётных балок на основании Винклера без учета трения на контакте балки с упругим основанием.

Постановка краевых задач. При исследовании НДС однопролётных балок на Винклеровском основании от действия единичных угловых смещений опор рассматриваются следующие опорные закрепления: «заделка – заделка», «заделка – шарнир». Исходные данные рассматриваемых задач: коэффициент постели k , жесткость балки EI и её длина l .

Решение дифференциального уравнения изгиба балки на упругом основании Винклера [5]

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} - ky = 0, \quad (1)$$

известно из [6] и использовано в [7]

$$y(x) = C_1 \cos \lambda \frac{x}{\ell} + C_2 \sin \lambda \frac{x}{\ell} + C_3 \operatorname{ch} \lambda \frac{x}{\ell} + C_4 \operatorname{sh} \lambda \frac{x}{\ell}, \quad (2)$$

где λ^4 – упругий параметр, который меняется в контролируемом диапазоне асимптот, $\lambda^4 = \frac{k \ell^4}{EI}$.

При угловом смещении жёсткой опоры для базовых опорных закреплений граничные условия задачи следующие:

$$1) \text{ «заделка – шарнир» при } x = 0: y = 0; y' = 1; \text{ при } x = L: y = y'' = 0; \quad (3)$$

$$2) \text{ «заделка – заделка» при } x = 0: y = 0; y' = 1; \text{ при } x = L: y = y' = 0.$$

Выполняя граничные условия (3), из решения ДУ (2) находим постоянные интегрирования C_i ($i = 1, \dots, 4$), а по ним – реакции опор. Для построения окончательных эпюр внутренних усилий в системе перекрестных балок (см. рис. 1) необходимы выражения изгибающих моментов и поперечных сил в рассматриваемой балке от единичного углового смещения и других воздействий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Манвелов, Л. И.** О выборе расчетной модели упругого основания / Л. И. Манвелов, Э. С. Барташевич // Строительная механика и расчет сооружений. – 1961. – № 4. – С. 9–12.

2. **Черкасов, И. И.** Механические свойства грунтовых оснований : учебное пособие / И. И. Черкасов. – Москва : Аэотрансиздат, 1966. – 248 с.

3. **Горбунов-Посадов, М. И.** Расчет конструкции на упругом основании / М. И. Горбунов-Посадов, Т. А. Маликова, В. И. Соломин. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Стройиздат, 1984. – 679 с.

4. **Пащевский, Д. П.** Применение метода деформаций к расчету балки на упругом основании / Д. П. Пащевский // Исследование по теории сооружений. – 1954. – Vol. VI. – С. 249–256.

5. **Александров, А. В.** Соппротивление материалов / А. В. Александров, В. Д. Потапов. – Москва : Высшая школа, 1990. – 400 с.

6. **Тимошенко, С. П.** Теория упругости / С. П. Тимошенко, Дж. М. Гудьер. – Москва: Наука, 1975. – 576 с.

7. **Босаков, С. В.** Метод перемещений в расчетах системы перекрестных балок на упругом основании Винклера / С. В. Босаков, О. В. Козунова // Строительная механика и расчёт сооружений. – 2019. – № 2. – С. 12–16.

УДК 693.22

СТАДИИ РАБОТЫ КАМЕННОЙ КЛАДКИ ПОД КРАТКОВРЕМЕННОЙ СЖИМАЮЩЕЙ НАГРУЗКОЙ

Ю. Н. КОТОВ, Р. В. МАКЕЕВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Различают четыре стадии работы каменной кладки под кратковременной сжимающей нагрузкой.

Первая стадия работы соответствует такому напряженно-деформированному её состоянию, при котором трещины в камне отсутствуют, т. е. при сжимающих напряжениях $\sigma \leq \sigma_{cre}$. При применении растворов небольшой плотности напряжения, при которых образуются первые трещины в кладке, составляют $\sigma_{cre} = (0,3...0,5)R_{ms}$, где R_{ms} – временное сопротивление каменной кладки при сжатии. Для кладки на смешанных растворах $\sigma_{cre} = (0,5...0,7)R_{ms}$, а для старой кладки на плотном цементном растворе напряжение $\sigma_{cre} = (0,7...0,8)R_{ms}$.

Вторая стадия работы каменной кладки под нагрузкой (рис. 1, а) характеризуется напряжениями $\sigma = \sigma_{cre}$, при этом трещины могут образовываться в растворной составляющей кладки.

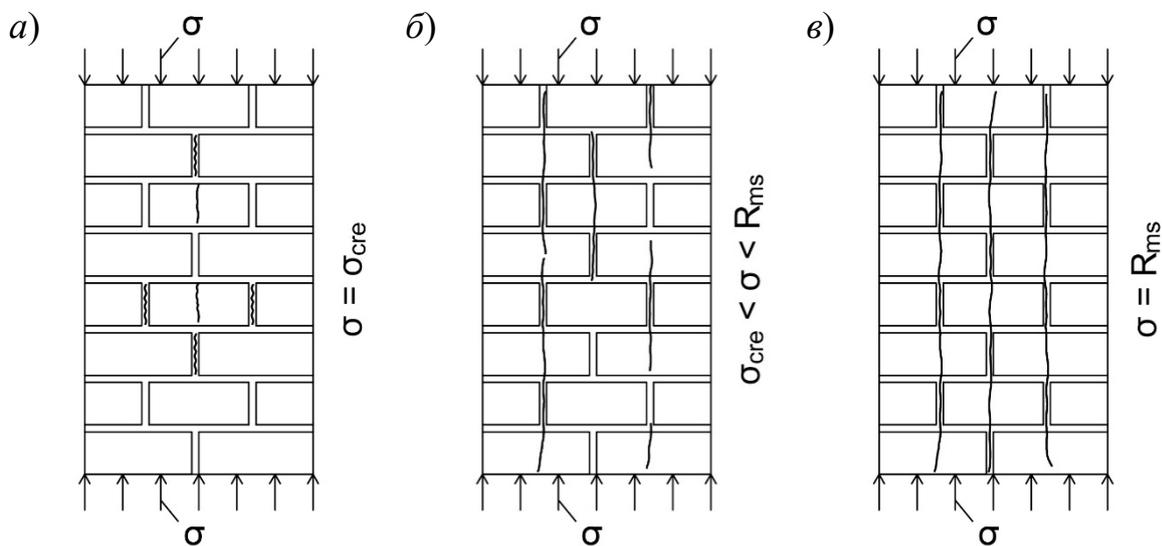


Рис. 1. Характер разрушения кирпичной кладки

Третья стадия является промежуточной между стадиями образования первой трещины и разрушения кладки. Увеличение нагрузки в данной стадии приводит к развитию старых и возникновению новых трещин в камне, а также их объединению между собой и с вертикальными швами. Это приводит к разделению кладки на отдельные гибкие столбики (рис. 1, б).

Четвертая стадия соответствует разрушению кладки после того, как рост трещин начинает прогрессировать при частичной нагрузке (рис. 1, в). Разрушение кладки происходит вследствие потери устойчивости тонких вертикальных сжатых столбиков, отделённых между собой вертикальными трещинами. Поэтому прочность кладки всегда меньше, чем временное сопротивление камней на сжатие.

Связь между деформациями и напряжениями каменной кладки является криволинейной в самом начале её сжатия (рис. 2). Это связано не только с криволинейной диаграммой сжатого раствора, но и с наличием контактных прослоек между раствором и камнем, а также с местной концентрацией напряжений. При этом деформации кладки на цементном растворе в основном зависят не от толщины швов, а от их количества, т. е. от числа прослоек. При применении известковых и глиняных растворов деформация кладки в основном зависит от толщины швов. На рис. 2 представлена связь между деформациями и напряжениями каменной кладки и её составляющих.

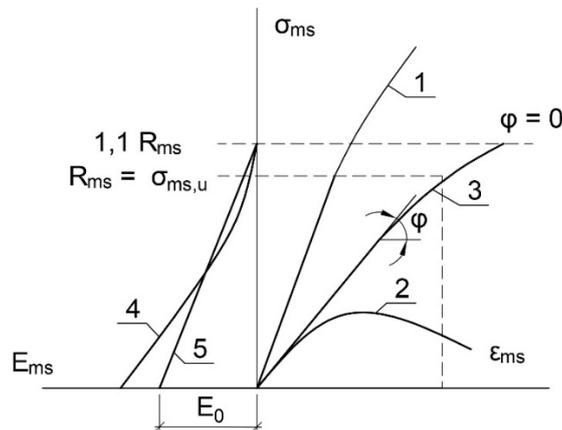


Рис. 2. Кривые продольных деформаций при сжатии: 1 — камня; 2 — раствора; 3 — кладки. Зависимость фактического (4) и расчетного (5) модуля деформаций кладки E_{ms} от интенсивности её нагружения

Прочность кирпичной кладки на сжатие оценивается временным сопротивлением образцов сравнительно небольшой величины. Например, поперечного сечения образцов кирпичной кладки 38×38 и 38×51 см.

Сжимаемость кладки при кратковременном сжатии оценивается её относительной деформацией, соответствующей величине R_{ms} , и составляет $\epsilon_{ms,u} = (5 \dots 10) \cdot 10^{-3}$.

Материалы данных тезисов используются при обследовании и санировании каменных конструкций зданий и сооружений, позволяющих при эксплуатации путем усиления восстановить эксплуатационные качества каменных конструкций.

УДК 656.11
 ЧЕТЫРЁХСТОРОННИЕ, Т-ОБРАЗНЫЕ И КОЛЬЦЕВЫЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ
 НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

В. В. КУТУЗОВ, А. Е. ЗУБКОВ
 Белорусско-Российский университет
 Могилев, Беларусь

Повышение интенсивности движения и ограниченность городского пространства заставляют проводить оптимизацию движения в весьма стесненных условиях. Эксперименты на улице с реальным транспортом непозволительны и могут привести к плохому результату, огромным затратам, поэтому имитационное моделирование является оптимальным решением [1–3].

При проектировании улиц и выборе схем организации дорожного движения при пересечении улиц можно задаться несколькими вариантами: четырёхсторонний перекресток, Т-образный перекресток, кольцевое пересечение, различные варианты пересечений в нескольких уровнях. В большинстве населенных пунктов схемы пересечения выбираются в одном уровне, а схема пересечения – в зависимости от интенсивности дорожного движения. При наличии свободного пространства наиболее целесообразным вариантом являются пересечения в виде кольцевого пересечения, которые позволяют снизить количество «конфликтных точек» с 32 до 8 (рис. 1).

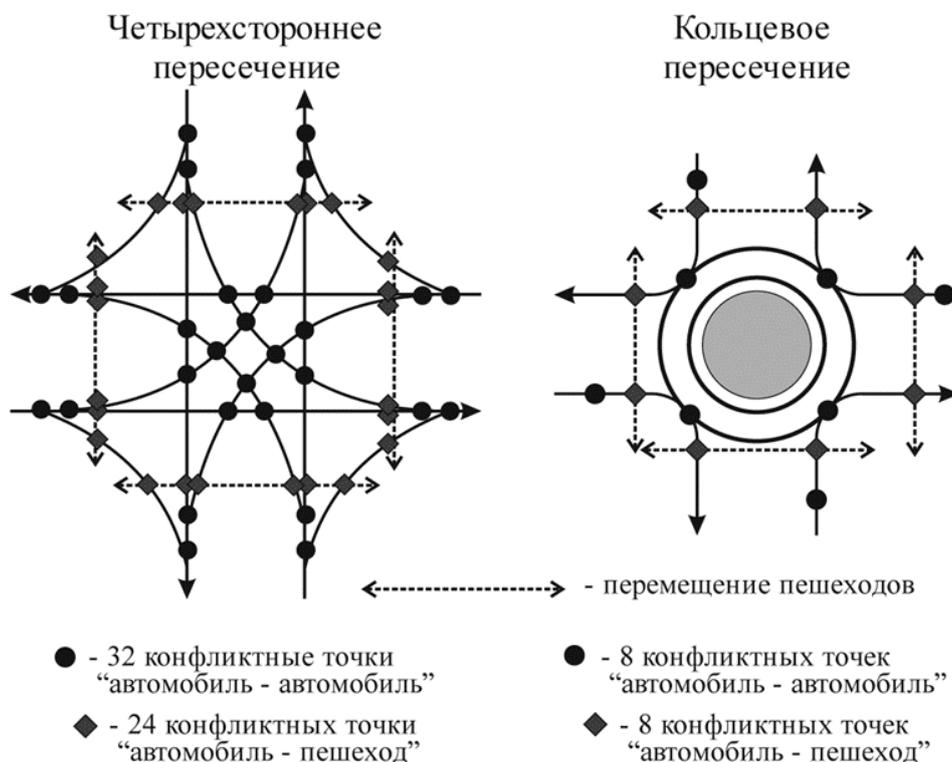


Рис. 1. Количество конфликтных точек на четырёхстороннем и кольцевом пересечениях

Использование кольцевых пересечений также позволяет снизить аварийность на участке дороги до 40...80 % и значительно сократить тяжесть аварий с крупных до мелких. Происходит «успокоение» движения, так как транспортные средства снижают скорость при заезде на кольцевое пересечение. Появляется возможность исключить использование технических средств организации дорожного движения, а именно светофоров.

С точки зрения организации и безопасности дорожного движения кольцевые пересечения предпочтительнее по сравнению с четырёхсторонними и Т-образными по причине уменьшения количества ДТП в среднем в 2 раза.

С точки зрения обеспечения пропускной способности дороги кольцевые пересечения предпочтительнее использовать при интенсивности движения до 80 тысяч автомобилей в сутки, при большей интенсивности – многоуровневые развязки.

Для определения наиболее эффективных пересечений было произведено имитационное моделирование четырёхсторонних, Т-образных и кольцевых пересечений в программном продукте AnyLogic [1, 2]. Результаты моделирования подтвердили международные данные по интенсивности движения и показали, что на кольцевых пересечениях обеспечиваются более высокие транспортные потоки по сравнению с другими типами пересечений в одном уровне.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кутузов, В. В.** Имитационное моделирование транспортных потоков на Т-образных перекрестках / В. В. Кутузов, Р. С. Демиденко, Е. А. Зубков // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых, Могилев, 24–25 окт. 2019 г. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2019. – С. 133.

2. **Демиденко, Р. С.** Имитационное моделирование транспортных потоков в районе первого корпуса Белорусско-Российского университета в AnyLogic / Р. С. Демиденко, Е. А. Зубков; науч. рук. В. В. Кутузов // 55 студен. науч.-техн. конф., Могилев, 3 мая 2019 г. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2019. – С. 49.

3. **Кутузов, В. В.** Моделирование транспортного потока с данными, поступающими в режиме реального времени / В. В. Кутузов, Н. В. Суховарова // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых, Могилев, 25–26 окт. 2018 г. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2018. – С. 137.

УДК 625.768.9

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
УЛИЦЫ НАСЕЛЕННОГО ПУНКТАВ. В. КУТУЗОВ, А. С. ЛИТВИНЧУК
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Техническое состояние автомобильных дорог и улиц определяют по результатам их диагностирования. В Республике Беларусь данные работы регламентируются техническими нормативно-правовыми актами: ТКП 140–2015; ТКП 271–2010; ТКП 604–2017, СТБ 1566–2005 и др.

Результатом оценки выступает заключение о техническом состоянии дороги и информация о необходимых мероприятиях, требуемых для восстановления технического состояния дороги до проектных значений, в основном это ремонтные мероприятия.

Было проведено обследование участка улицы, измерены её габариты, проанализированы дефекты, а также была проведена видеосъёмка данного участка [1, 2]. Технические характеристики участка улицы составили: длина – 20 м, ширина проезжей части – 6 м. На основании обследования была составлена схема дефектов (рис. 1).

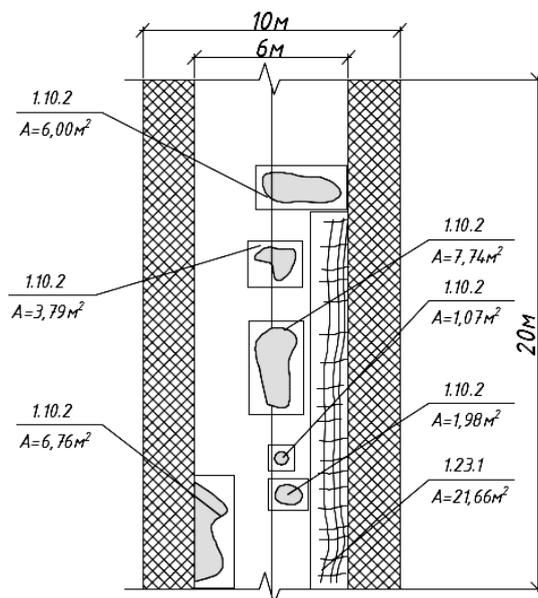


Рис. 1. Схема расположения дефектов участка улицы

Дополнительно была составлена ведомость дефектов дорожной одежды рассматриваемого участка улицы (табл. 1).

Для оценки технического состояния участка улицы были выполнены необходимые расчеты и произведена оценка уровня дефектности дорожной одежды DL , индекс соответствия дорожной одежды CI , средневзве-

шенный коэффициент значимости дефектов w_{av} , коэффициент повреждаемости, уровень качества содержания дорожной одежды MCI и общий уровень эксплуатационного состояния дорожной одежды MQI .

Табл. 1. Ведомость дефектов дорожной одежды, выявленных при осмотре

Характеристики расчетного участка дорожной одежды улицы населенного пункта					Под-класс дефекта	Коэф. знач. w	Мест. дефек. ПК+	Пл. дефек., m^2	Метод устранения дефекта
ПК+ начала участка	ПК+ конца участка	Длина участка, м	Ширина участка, м	Площадь участка, m^2					
0+00	0+20	20	6	120	1.10.2	1	0+2,2	6,76	Т
					1.10.2	1	0+3,7	1,98	С
					1.10.2	1	0+5,1	1,07	С
					1.23.1	0,5	0+7,3	21,66	С
					1.10.2	1	0+8,7	7,74	Т
					1.10.2	1	0+12,8	3,79	Т
					1.10.2	1	0+15,8	6,00	Т

Уровень дефектности дорожной одежды

$$DL = 100 \cdot \frac{1 \cdot 6,76 + 1 \cdot 1,98 + 1 \cdot 6,07 + 0,5 \cdot 21,66 + 1 \cdot 7,74 + 1 \cdot 3,79 + 1 \cdot 6,00}{120} = 31,81.$$

Средневзвешенный коэффициент значимости дефектов по результатам расчета равен 0,89, индекс соответствия дорожной одежды получился 68,19, коэффициент повреждаемости 1,18, уровень качества содержания 57,79 и общий уровень эксплуатационного состояния – 46,23, что соответствует плохому качеству дорожного покрытия, для которого необходимо проводить ремонтные работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кутузов, В. В.** Диагностика автомобильных дорог на основе алгоритмов компьютерного зрения / В. В. Кутузов, А. С. Литвинчук // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых, Могилев, 24–25 окт. 2019 г. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2019. – С. 134.
2. **ТКП 271–2010.** Оценка эксплуатационного состояния и качества содержания дорожных одежд и дождевой канализации улиц населенных пунктов. – Минск: БНТУ, 2015. – 104 с.

УДК 691.408-8
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ШИННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
УЛИЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

Т. С. ЛАТУН, Р. П. СЕМЕНЮК, А. М. ГОЛУШКОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Для создания покрытий, которые используются при благоустройстве детских и спортивных площадок, используют резиновую крошку, полученную в результате механической и механохимической переработки. В процессе получения резиновой крошки из отходов шинного производства образуются не только резиновые отходы, но и резинотекстильные и текстильные отходы. Текстильные отходы – это кордная нить, которая обеспечивает каркасу шины сопротивляемость высоким транспортным нагрузкам. В процессе переработки бывших в эксплуатации шин при их измельчении отделяется резиновая крошка и кордная нить. Предлагается использовать полученные материалы для изготовления резиновых уличных покрытий. Ранее применялась только резиновая крошка для изготовления этих покрытий на спортивных и детских площадках. Покрытия обладают высокой износоустойчивостью, хорошими сцепными свойствами (так как не скользит даже после дождя), отличаются устойчивостью к перепадам температур. Однако на стадионах и спортивных площадках устанавливается оборудование, которое имеет не малый вес, а некоторое из такого оборудования способствует возникновению в покрытии объемного напряженно-деформированного состояния. В современных строительных материалах для предотвращения растрескивания покрытий и развития в них внутренних дефектов, а также для уменьшения количества микропор и микротрещин рекомендуется выполнять микроармирование. Микроармирование достигается введением в материал фибры. Фибра – это волокна, которые могут быть изготовлены из различных материалов в зависимости от эксплуатационных, технических и химико-физических условий.

Во избежание деформации и разрушения покрытия предлагается использовать в качестве фибры кордную нить. Применение кордной нити позволит повысить сдвиговую устойчивость и уменьшить пластические деформации, возникающие в покрытиях, подвергающихся транспортным нагрузкам, действующим вследствие большого скопления людей. Тем и другим нагрузкам подвергаются покрытия, применяемые на стадионах и спортивных площадках.

Технология производства плиток для устройства покрытия не будет отличаться от технологии изготовления резиновых покрытий.

УДК 691.32

О МЕТОДИКЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ
МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ФИБРОБЕТОНА

И. А. ЛЕОНОВИЧ, А. С. ИГНАТЕНКОВ, А. А. САВОСТЕЕНКО

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Возможность целенаправленно регулировать величину модуля упругости фибробетона за счет материала фибры способствует созданию изделий с заданными деформативными свойствами с учетом характера внешнего воздействия: статического или динамического.

Для ранее представленной математической модели модуля упругости фибробетона [1–3], в которую заложены геометрические параметры, объемное содержание и модульность фибры, требуется всестороннее экспериментальное подтверждение.

Работы, проводимые авторами с мелкозернистыми фибробетонами с использованием в основном синтетической фибры, в большей степени касались определения прочностных свойств этих материалов: прочности на сжатие, прочности на растяжение при изгибе и ударной вязкости. Определение модуля упругости проводилось раньше основных испытаний и вызвало некоторые трудности в связи с нестабильностью получаемых результатов. Анализ проведенной работы, полученных экспериментальных данных и литературных источников [1–4] позволил сделать ряд рекомендаций по планированию экспериментов.

1. Для каждого вида фибры при утвержденном составе других сухих компонентов смеси ввести не более двух факторов планирования: содержание фибры и водоцементное отношение.

2. Для качественного равномерного замеса верхний предел варьирования фибры ограничить 1...1,5 % от массы цемента.

3. Определить модуль упругости бетонной матрицы для ее оптимальной структуры, варьируя водоцементным соотношением. *Оптимальная структура* характеризуется равномерным распределением дискретных частиц и непрерывностью пространственной сетки связывающего вещества при минимальных толщинах его пленочного распределения. Экстремальное значение модуля упругости в соответствии с *законом створа* укажет на достижение оптимальной структуры бетона [4].

4. Проверить полученный результат можно определением любой механической характеристики материала (например, прочности на растяжение при изгибе) на тех же образцах. Экстремальные значения искомых величин должны совпасть в одном створе.

5. При определенном содержании фибры определить максимальную величину модуля упругости фибробетона, варьируя водоцементным соотношением, т. е. добиваясь оптимальной структуры.

6. Проанализировать полученный результат для определения закономерностей изменения модуля упругости фибробетона по сравнению с исходной бетонной матрицей. Условие отвердевания и возраст образцов не должны различаться.

7. Для сравнения экспериментальных данных с теоретическими выразить результаты по модели модуля упругости через весовое содержание фибры, а не объемное.

Все рекомендации направлены на достижение оптимальной структуры как бетонной матрицы, так и фибробетона. В процессе изготовления образцов нежелательно накладывать однонаправленное вибрирование, из-за которого появляется неравномерность распределения фибры по объему образца и нарушается ее разнонаправленность. Испытание образцов-призм из мелкозернистого бетона рекомендуется проводить в соответствии с [5], испытание пластинчатых образцов – в соответствии с [6].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ 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.

2. **Леонович, И. А.** Выбор материала фибры для дисперсного армирования / И. А. Леонович // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т. 2019. – С. 262–263.

3. **Леонович, И. А.** Моделирование упругих свойств дисперсно-армированного мелкозернистого бетона / И. А. Леонович, А. С. Игнатенков, А. А. Савостеенко // Новые материалы и технологии в машиностроении: сб. науч. тр. – Брянск: БГИТУ, 2019. – Вып. 30. – С. 94–97.

4. **Рыбьев, И. А.** Основы строительного материаловедения в лекционном изложении : учебное пособие / И. А. Рыбьев. – Москва: Астрель; АСТ; Хранитель, 2006. – 604 с.

5. **СТБ ЕН 196-1-2000.** Методы испытания цемента. Ч. 1: Определение прочности. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2001. – 17 с.

6. **СТБ ЕН 12467-2009.** Листы плоские из фиброцементобетона. Технические условия на продукцию и методы испытаний. – Минск: Госстандарт, 2010. – 123 с.

УДК 697.921.47
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

Н. В. ЛОБИКОВА, О. М. ЛОБИКОВА, С. Д. ГАЛЮЖИН

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

На сложившемся современном строительном рынке Беларуси используемые системы отопления зданий не в полной мере удовлетворяют показателям экологичности и экономической целесообразности. Остро стоящая перед строительной отраслью проблема повышения энергоэффективности зданий требует разработки и применения комплекса методов сокращения потребляемой энергии в сфере эксплуатации зданий.

В работе решаются следующие проблемы: снижение текущих расходов на отопление; устранение несоответствия принимаемых проектов современным требованиям энерго- и экологоэффективности; снижение рисков инвестиционных проектов; уменьшение ущерба, наносимого окружающей среде. Проведен сравнительный анализ систем распространенных и инновационных систем отопления. Для отопления площади в 200 м² индивидуального жилого дома с эффективной теплоизоляцией определили требуемый теплогенератор, количество потребленного тепла за отопительный сезон ($155,52 \cdot 10^9$ Дж или 43200 кВт·ч (37,145 Гкал) тепловой энергии), количество тепла, получаемое при сжигании различных видов топлива, стоимость требуемого для отопления здания топлива в отопительный сезон [1].

Риски, возникающие при эксплуатации систем отопления, оценивали по известной методике [2] с учетом вероятности отказа и коэффициентов влияния последствий отказа на сроки, стоимость, содержание, качество.

Для комплексной оценки показателей проектов отопления жилых домов был использован метод площадей. Исходя из полученных данных [2] построена лепестковая диаграмма, демонстрирующая соотношение характеристик для каждого проекта отопления. Характеристики проектов распределялись по шкале исходя из их желательности для идеального проекта. При определении площадей фигур для каждого проекта был выполнен их сравнительный анализ на основе следующих показателей: приведенные затраты, суммы экологического ущерба, рассчитанные исходя из массы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и ставки экологического налога; суммарные дисконтированные денежные потоки по проектам отопления за 10 лет, с принятой нормой дисконтирования 15 % (из расчета средней фактической ставки по долгосрочным кредитам с применением надбавки за риск) [3]. Диаграмма представлена на рис. 1.

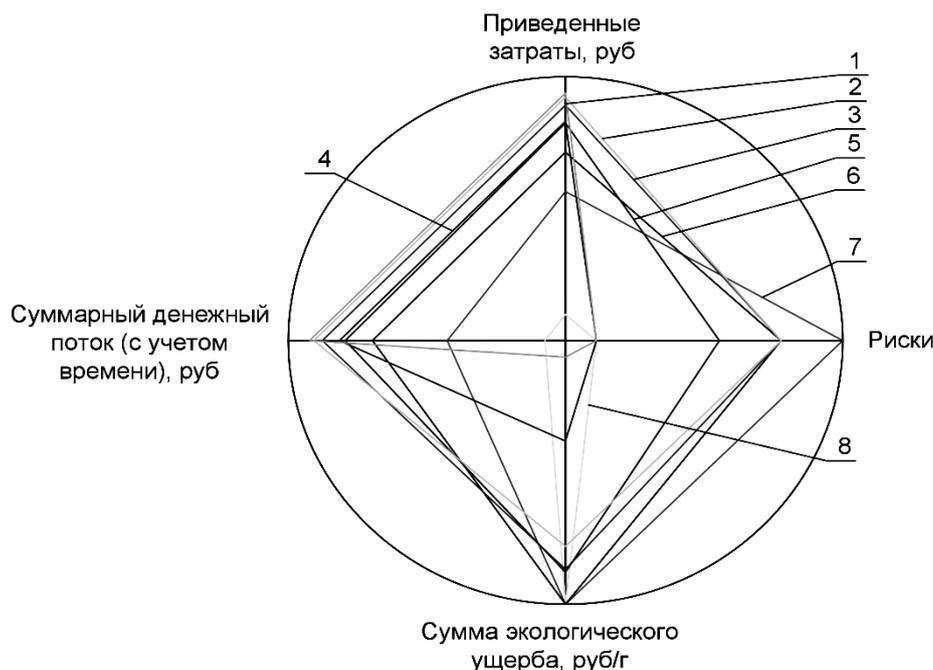


Рис. 1. Диаграмма соотношения характеристик проектов отопления: 1 – твердотопливный котел на каменном угле; 2 – то же на торфобрикете; 3 – то же на дровах; 4 – то же на антраците; 5 – газовый котел; 6 – городская теплосеть; 7 – тепловой насос; 8 – электрокотел

На основе комплексной оценки результатов видно, что наиболее эффективным является использование твердотопливных котлов на дровах и торфобрикете, в то время как использование твердотопливных котлов на каменном угле и антраците нецелесообразно. Конкурентоспособными также являются теплогенераторы в виде газового котла и теплового насоса, а также городская теплосеть.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Лобикова, Н. В.** Эффективность различных систем отопления индивидуальных жилых домов с учетом экологичности проектов / Н. В. Лобикова, О. М. Лобикова, С. Д. Галюжин // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2018. – № 4 (61). – С. 120–130.

2. **Галюжин, С. Д.** Методология оценки проектов систем отопления индивидуальных жилых домов / С. Д. Галюжин, Н. В. Лобикова, О. М. Лобикова // Вестн. Белгородского гос. технолог. ун-та им. В. Г. Шухова. – 2019. – № 2. – С. 88–101.

3. **Щур, А. В.** Комплексный анализ проектов систем отопления малоэтажной застройки в Республике Беларусь / А. В. Щур, Н. В. Лобикова, О. М. Лобикова // Неделя науки СПбПУ: материалы науч. конф. с междунар. участием: в 3 ч. – Санкт-Петербург: Инженерно-строительный ин-т, 2019. – С 64–67.

УДК 697.921.47

РАЗВИТИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО
ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЗДАНИЯ

Н. В. ЛОБИКОВА, О. М. ЛОБИКОВА, С. Д. ГАЛЮЖИН

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Данное исследование посвящено поиску решения следующих задач: выявление проблем при применении вентиляционных установок с установленным рекуператором; учет потерь энергии в рекуператорах из-за увеличения аэродинамического сопротивления вентиляционной системы при установке рекуператора; разработка методологии определения количества конденсата, образующегося при прохождении удаляемого воздуха через рекуператор; разработка принципиальной схемы вентустановки с рекуператором, подсистемой удаления конденсата и тепловым насосом, обеспечивающей наименьший расход энергии на привод вентиляторов; разработка методики оценки эффективности установки рекуператора в систему вентиляции; разработка методики оценки эффективности установки теплового насоса в систему вентиляции зданий.

Естественной вентиляции в большинстве случаев недостаточно при эксплуатации здания для создания комфортного микроклимата. Кроме того остро стоит вопрос экономии энергетических ресурсов [1]. При строительстве и реконструкции зданий в устанавливаемых современных вентиляционных установках применяются пластинчатые рекуператоры. В процессе эксплуатации рекуператоров возникают проблемы, связанные с образованием в нем конденсата, наледи в вытяжных воздуховодах снаружи помещения в зимнее время, и инея на наружной поверхности рекуператора, что приводит к увеличению аэродинамического сопротивления [2]. Вентиляционная установка должна быть снабжена системой удаления конденсата, для расчета и проектирования которой необходимо знать количество конденсата, которое образуется в единицу времени. Также установка рекуператора влечет дополнительные затраты. КПД современных рекуператоров не превышает 65 %. Это означает, что не менее 35 % тепловой энергии, которая может быть возвращена в помещение, выбрасывается вместе с удаляемым воздухом в окружающую среду. Эта проблема решается путем установки в вентиляционную установку теплового насоса [3]. Для принятия решения о проектировании необходимого вентиляционного оборудования здания с учетом многокритериальной оптимизации необходимо четко определить параметры условий эксплуатации оборудования. Указанная задача представляет определенную проблему из-за отсутствия методик ликвидации «узких мест», возникающих в процессе эксплуатации вентиляционных систем. Для решения проблемы устранения обмерзания венти-

ляционной установки с рекуператором при строительстве и реконструкции зданий разработана методика и получены зависимости, которые позволяют определить расход конденсата в зависимости от подачи, температуры и относительной влажности удаляемого воздуха, а также степени его охлаждения на выходе из рекуператора. Для автоматизации расчетов произведена аппроксимация известных данных и получен полином для максимального диапазона температур работы рекуператора, который дает возможность оценить зависимость абсолютной влажности на линии насыщения от температуры воздуха.

Разработан алгоритм расчета оценки эффективности проекта установки в вентиляционную систему пластинчатого рекуператора, позволяющего утилизировать тепло удаляемого воздуха с учетом многокритериального подхода. В холодное время года установка рекуператора позволяет достичь экономии при двухсменной работе более 17 тыс. белорус. р. (7,6 тыс. евро) за отопительный сезон. Установке современной системы вентиляции также сопутствует социальный и экологический эффекты [4]. Экологический эффект возникает из-за снижения потребления энергетических ресурсов, используемых на отопление помещения, в результате снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Разработана принципиальная схема вентиляционной установки с рекуператором, системой удаления конденсата и тепловым насосом, обеспечивающая наименьший расход энергии на привод вентиляторов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Лобикова, Н. В.** Применение энергоэффективных вентиляционных систем при строительстве и реконструкции зданий / Н. В. Лобикова, О. М. Лобикова, С. Д. Галюжин // *Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф.* – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2019. – С. 266–267.
2. **Лобикова, О. М.** Рациональное энергопотребление: проблемы, стратегии решения / О. М. Лобикова, Н. В. Лобикова, С. Д. Галюжин // *Россия: Тенденции и перспективы развития.* – Москва: РАН, 2019. – Вып. 14, ч. 2. – С. 442–446.
3. Об энергосбережении: Закон Респ. Беларусь от 8 янв. 2015 г. № 239-З / Нац. правовой интернет-портал Респ. Беларусь. – 2015. – 2/2237.
4. **Галюжин, С. Д.** Определение исходных данных для проектирования устройства удаления конденсата из рекуператора вентиляционной установки / С. Д. Галюжин, Н. В. Лобикова, О. М. Лобикова // *Вестн. БГТУ им. В. Г. Шухова.* – 2019. – № 7. – С. 63–71.

УДК 621.861

СОЗДАНИЕ ШЛЕМА ПОЖАРНОГО
С ФУНКЦИЕЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

С. Д. МАКАРЕВИЧ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Шлем пожарного как средство индивидуальной защиты (СИЗ) имеется на вооружении в каждом аварийно-спасательном подразделении (АСП). Его эффективность подтверждается при выполнении аварийно-спасательных и других неотложных работ. Спасатель использует шлем как средство защиты не только при тушении пожаров, но и проведении других работ по ликвидации чрезвычайных ситуаций. К этим работам относятся: разборка завалов и разрушений, эвакуация людей с высоты и глубины, помощь пострадавшим при автомобильных авариях и т. д., где нет необходимости в использовании тяжелого (1600...1800 г) шлема после его применения при тушении пожаров и т. д. В настоящее время шлем пожарного – единственный способ защиты головы, шеи и лица от различных негативных факторов, наступающих при тушении пожаров и проведении других аварийно-спасательных и неотложных работ, а также неблагоприятных климатических воздействий. При тушении пожаров и ликвидации чрезвычайных ситуаций используется шлем пожарного, уменьшение эффективности которого зачастую связано с ограниченными условиями местности, в которых иногда осуществляются спасательные работы. В этих условиях использование компактных средств индивидуальной защиты, как подтвердила практика работ АСП, является наиболее эффективным.

Ранее упоминалось об одном из важнейших требований к средству индивидуальной защиты спасателя, т. е. шлему пожарному, – требовании многофункциональности. Под многофункциональностью в данном случае понимается способность шлема пожарного к трансформации. Наиболее перспективным с точки зрения простоты, низких габаритов и массы, соответствия действующим ТНПА в конструкции шлема пожарного является его разработка, учитывающая функцию трансформирования.

Поясним сказанное на конструкции разработанного научно-практическим центром Могилевского областного управления МЧС совместно с Белорусско-Российским университетом шлема пожарного аварийных работ ШПАР. Указанный шлем разрабатывался в рамках научно-

исследовательской работы по реализации приоритетных направлений проведения научно-технической политики МЧС Республики Беларусь.

В разработанной конструкции имеется возможность трансформации. Конструкция шлема содержит две каски. Наружная каска предназначена для ликвидации чрезвычайных ситуаций, связанных с тушением пожаров. Внутренняя – для проведения работ, где не требуется специальная защита головы пожарного от воздействия негативных факторов, возникающих при горении веществ и материалов, в соответствии с ГОСТ 30694–2000 (например, резка железобетонных конструкций при разборке завалов; обрезка угрожающих безопасности деревьев; использование гидравлического инструмента при автоавариях и т. д.). Данная конструкция на момент разработки является единственной в мире и обеспечивает высокую оперативность проведения различных аварийно-спасательных работ и значительное уменьшение стоимости СИЗ. Разработанная конструкция позволяет после проведения основных работ (тушение пожара и т. д.) оперативно снять верхнюю каску при помощи разработанного механизма и приступить к выполнению аварийно-спасательных и других неотложных работ, где не требуется применение шлема. Это облегчает работу спасателя, т. к. уменьшаются габариты и масса (в 3 раза) СИЗ.

Состав, из которого изготавливаются наружная и внутренняя каски шлема, разработан совместно с предприятием-изготовителем ОДО «Авто-радиус». Изготовление касок осуществляется путем пропитки стекловолокнистых армирующих материалов полиэфирными смолами с добавлением активирующих реактивов, красителей и различных присадок для придания изделию требуемых свойств.

Результаты стендовых и сертификационных испытаний установили соответствие шлема пожарного требованиям ГОСТ 30694-2000

Разработаны и зарегистрированы технические условия на изготовление шлема.

Шлем обладает следующими преимуществами в сравнении с аналогами:

- масса шлема составляет 1200 г (у аналогов с одной каской 1600...1800 г);
- шлем имеет возможность трансформации и состоит из двух касок (новая конструкция);
- стоимость шлема в несколько раз дешевле зарубежных аналогов (около 200 белорус. р.) в связи с применением для изготовления касок разработанного автором совместно с предприятием-изготовителем композитного состава.

УДК 625.8

ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАШИН КОМПЛЕКТОВ,
ВЫПОЛНЯЮЩИХ РЕМОНТ И ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ
БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Д. Ю. МАКАЦАРИЯ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Проблема обеспечения безопасности дорожного движения является весьма актуальной в нашей стране. Одна из причин дорожной аварийности – износ и разрушение асфальтобетонного покрытия. В результате ежедневной эксплуатации на поверхность автомобильной дороги воздействуют различные нагрузки. Движущиеся транспортные средства постепенно деформируют асфальтобетонное дорожное покрытие. На поверхности дороги появляется колея, которую необходимо ликвидировать для поддержания требуемого уровня безопасности дорожного движения [1].

Восстановление безопасного и работоспособного состояния дорожного покрытия является важной задачей дорожных организаций. В настоящее время существуют разнообразные методы проведения работ, позволяющие выполнить ремонт. На дорогах нашей страны широко используются традиционные методы ремонта асфальтобетонных дорог, основанные на применении комплекта машин, предназначенного для строительства дорожного покрытия. Проходят апробацию и начинают внедряться современные транспортные и технологические комплексы. Отремонтированное таким образом асфальтобетонное дорожное покрытие способствует обеспечению безопасности дорожного движения [2].

Однако для того, чтобы реализовать современные технологии ремонта автомобильных дорог, необходимо приобретать дорогостоящие комплекты и комплексы новых машин импортного производства. Возникает проблема необходимости формирования соответствующего комплекта машин. Оптимальный комплект машин для восстановления работоспособности асфальтобетонного дорожного покрытия можно сформировать лишь с учетом особенностей организации и производства работ в условиях нашей страны. При этом в его основу необходимо включать не только новую технику импортного производства, но и отечественные машины, которые уже имеют различную наработку с начала эксплуатации.

Базовый комплект машин, реализующий современные технологии восстановления работоспособности асфальтобетонного дорожного покрытия, включает в себя высокопроизводительный асфальтоукладчик, автомобильный транспорт большой грузоподъемности, дорожные катки, а также перегружатель асфальтобетонной смеси.

Для формирования оптимального комплекта машин необходимо оценить производительность перегружателя асфальтобетонной смеси. Количественная характеристика изменения часовой эксплуатационной производительности машины, в зависимости от ее наработки с начала эксплуатации, определяется следующим образом:

$$P_э = P_т \cdot K_п,$$

где $P_э$ – часовая эксплуатационная производительность машины, т/ч; $P_т$ – техническая производительность машины, т/ч; $K_п$ – значение коэффициента внутрисменного использования машины.

Определение значения технической производительности машины данного типа производится с учетом ее конструктивных особенностей и максимальных производственных возможностей. Годовая эксплуатационная производительность машины, в зависимости от ее наработки с начала эксплуатации, определяется следующим образом:

$$P_{эг} = P_э \cdot T_ч,$$

где $P_{эг}$ – годовая эксплуатационная производительность машины, т/год; $T_ч$ – годовое количество рабочего времени машины, ч.

Таким образом, годовую эксплуатационную производительность перегружателя асфальтобетонной смеси (ПГ) можно оценить как

$$P_{эг}^{пг} = P_т^{пг} \cdot K_п^{пг} \cdot T_ч^{пг}.$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Макацария, Д. Ю.** Повышение безопасности дорожного движения при ликвидации колеейности автомобильных дорог / Д. Ю. Макацария, В. В. Кутузов // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Междунар. науч.-техн. конф. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Беларус.-Рос. ун-т; редкол.: М. Е. Лустенков (гл. ред.) [и др.]. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2019. – С. 137.

2. **Макацария, Д. Ю.** Методы ремонта асфальтобетонного дорожного покрытия и обеспечение безопасности движения / Д. Ю. Макацария, Е. Ю. Скворцов, С. В. Курашов // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 25–26 апр. 2019 г. / Беларус.-Рос. ун-т ; редкол.: М. Е. Лустенков (гл. ред.) [и др.]. – Могилев, 2019. – С. 268–269.

УДК 691.32-033.33
ГРАНИЦЫ МИКРОТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ
ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМ СЖАТИИ

И. И. МЕЛЬЯНЦОВА, Т. С. САМОЛЫГО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Анализируя прочность и деформативность керамзитобетонных элементов, важно отметить параметрические точки диаграммы деформирования бетона при осевом центральном сжатии – $\eta^0_{сж}$ и $\eta^{\gamma}_{сж}$. Первая параметрическая точка соответствует нижней границе микротрещинообразования бетона, вторая – верхней границе образования микротрещин. Пределы микротрещинообразования бетона позволяют разделить диаграмму деформирования бетона на несколько этапов с преобладанием различных видов деформаций.

При центральном кратковременном сжатии до уровня, соответствующего $\eta^0_{сж}$, увеличивается количество контактных микротрещин на границе заполнителя и бетонной матрицы. При осевом центральном сжатии керамзитобетонного элемента после достижения пиковых значений $\eta^0_{сж}$ до $\eta^{\gamma}_{сж}$ возникает область интенсивного развития трещин в цементном камне вокруг зерен заполнителя. Превышение уровня сжимающих напряжений, соответствующих $\eta^{\gamma}_{сж}$, приводит к скольжению зерен заполнителя относительно матрицы и появлению комбинированных трещин, пересекающих матрицу. Интенсивное развитие комбинированных микротрещин приводит к появлению глобальных или магистральных трещин и, в конечном итоге, к физическому разрушению образца.

Таким образом, механизм разрушения керамзитобетонного элемента можно представить следующим образом: разрушение заполнителя; появление микротрещин в растворной матрице; развитие и слияние трещин, которые приводят к разделению бетона и его дальнейшему разрушению.

Повысить надежность и долговечность керамзитобетонных конструкций возможно путем исследования влияния прочности и деформативности на границы микротрещинообразования сжатого бетона. Для определения значений границ образования микротрещин в керамзитобетоне ($\eta^0_{сж}$ и $\eta^{\gamma}_{сж}$) были подготовлены несколько серий образцов различных классов по прочности, испытанные на кратковременное центральное сжатие. Для проведения исследований подготавливались экспериментальные образцы – кубы, призмы и цилиндры из керамзитобетона классов 16/20, 10/12,5, 25/30, 8/10. Все образцы изготавливались с использованием керамзита заводов Республики Беларусь.

Оценить разрушение керамзитобетона под нагрузкой возможно, анализируя значения поперечных, объемных деформаций и коэффициента Пуассона. Значение верхней границы микротрещинообразования $\eta^{\gamma}_{сгс}$ керамзитобетона исследуемых классов определялось по усредненным значениям для каждой серии образцов по результатам испытания керамзитобетонных призм размерами $150 \times 150 \times 600$ мм, после построения зависимости «уровень нагружения – объемная деформация».

После определения значений коэффициента Пуассона ν по кривым зависимостей « $\frac{d\nu}{d\eta} - \eta$ » и « $\frac{d^2\nu}{d\eta^2} - \eta$ » (первая и вторая производная от коэффициента Пуассона) устанавливались значения границ микротрещинообразования керамзитобетонов исследуемой прочности.

Табл. 1. Опытные значения границ микротрещинообразования $\eta^{\gamma}_{сгс}$ и $\eta^0_{сгс}$ для керамзитобетонов различной прочности в возрасте 28 сут

Средняя призмная прочность образцов в возрасте 28 сут $f_{см}, \text{МПа}$	Опытное значение $\eta^{\gamma}_{сгс}$		Опытное значение $\eta^0_{сгс}$	
	Уровень нагружения η	МПа	Уровень нагружения η	МПа
9,89	0,779	7,70	0,477	4,72
16,21	0,776	12,58	0,505	8,18
8,36	0,769	6,43	0,518	4,33
28,99	0,788	22,84	0,515	14,93

Относительные значения $\eta^0_{сгс}$ и $\eta^{\gamma}_{сгс}$ делят диаграмму деформирования керамзитобетона на участки с преобладанием различных видов деформаций в составе полной деформации сжатого керамзитобетона, что может дать представление о работе керамзитобетонных элементов под нагрузкой, а также спрогнозировать прочностные и деформативные свойства и процессы образования трещин в керамзитобетонах различной прочности, основываясь на аналитических зависимостях и теоретических предположениях. Изменение напряженно-деформированного состояния керамзитобетона после образования трещин определяется рядом факторов, которые необходимо учитывать при расчете конструкций, имеющих сложный характер разрушения. Актуальность разработки методики определения границ образования микротрещин состоит в повышении расчетной надежности конструкций из керамзитобетона.

УДК 691.328.3

АНАЛИЗ ДЕФОРМАТИВНОСТИ КЕРАМЗИТОФИБРОБЕТОНА

Ю. Г. МОСКАЛЬКОВА

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Диаграмма деформирования (состояния) бетона является основой расчетных моделей, применяемых при проектировании железобетонных конструкций. При описании диаграмм деформирования действующими ТНПА нормируются следующие характеристики (значения в параметрических точках): предел кратковременной прочности бетона f_c , средний модуль упругости E_{cm} , относительные деформации, соответствующие пределу кратковременной прочности ε_c , и предельные относительные деформации ε_{cu} .

Согласно Eurocode 2 особенностью описания полной диаграммы деформирования легких бетонов является отсутствие ниспадающей ветви. Так, в таблице 11.3.1 ТКП EN 1992-1-1 для легких бетонов значение предельных относительных деформаций ε_{lcu1} принимается равным значению деформаций ε_{lc1} , соответствующих пиковой точке графика. Для упрощенных диаграмм (параболически-линейной и билинейной) значения предельных деформаций ε_{lcu2} и ε_{lcu3} также существенно снижены по сравнению с аналогичными величинами для тяжелого бетона. Связано это с высокой деформативностью легких бетонов, а следовательно, хрупким характером их разрушения.

Одним из вариантов минимизации указанного недостатка является дисперсное армирование легких бетонов полимерной фиброй. Такая фибра имеет приемлемую стоимость, широко распространена, добавляется в смесь в небольшом количестве, незначительно влияет на водопотребность бетонной смеси, повышает прочностные характеристики бетона и снижает его деформативность.

Возможно, дисперсно-армированный керамзитобетон при замедленном развитии микроразрушений за счет введения армирующих микроволокон окажется менее деформативным по сравнению с неармированным материалом. С другой стороны, за счет низкого модуля упругости самих волокон модуль упругости легкого фибробетона также может уменьшиться (особенно при увеличении содержания фибры). Опытные данные исследователей, приведенные в работах, опубликованных по данной теме в открытой печати, достаточно противоречивы.

В настоящее время проведены испытания пробной серии опытных образцов в виде кубов с размером ребра 100 мм. В результате установлено,

что при введении полипропиленовой фибры в количестве 0,5...1,5 % по массе от массы цемента кубиковая прочность керамзитобетона возрастает на 30 % и более (характеристические значения кубиковой прочности керамзитобетона определялись с учетом коэффициента вариации $V = 13,5\%$ с доверительной вероятностью 95 %).

Для изготовления опытных образцов были использованы следующие материалы: керамзитовый гравий производства ОАО «Завод керамзитового гравия г. Новолукомль» фракцией 4...10 мм с насыпной плотностью 391 кг/м^3 (марка по насыпной плотности М400), относительной прочностью в цилиндре 1,038 МПа (марка по прочности П50); портландцемент производства ОАО «Белорусский цементный завод» марки М500 с активностью 49,0 МПа, с насыпной плотностью 1440 кг/м^3 с показателем нормальной густоты 25...28 %; карьерный песок с истинной плотностью 2169 кг/м^3 , средней плотностью 1634 кг/м^3 , модулем крупности 1,64, общей пористостью 24,67 %. Водоцементное отношение составляло 0,49 при том условии, что керамзитовый гравий предварительно увлажнялся. В качестве армирующего элемента использовалось волокно строительное микроармирующее (ВСМ), изготовленное из гранул высокомолекулярного термопластичного полимера путем структурной модификации (вытяжки). Данная полипропиленовая фибра производится в Российской Федерации по ТУ 2272-001-30726220 из полипропилена СЗН6. Основные характеристики ВСМ: длина волокна – 12 мм; толщина волокна – 50 мкм; форма – круглая; плотность – $0,91 \text{ г/см}^3$; при 20 °С удлинение до разрыва – 21%; температура плавления – более 160 °С; электропроводность – низкая; стойкость к щелочам – высокая; химическая стойкость – высокая.

В ходе приготовления бетонной смеси экспериментально установлено, что полимерную фибру следует добавлять в сухую смесь, тщательно перемешивать все компоненты и только затем затворять смесь водой. В случае несоблюдения этого условия невозможно добиться равномерного распределения волокон в теле затвердевшего бетона, в результате повышение прочности керамзитофибробетона, по сравнению с неармированным керамзитобетоном, не наблюдается.

С целью построения действительной диаграммы деформирования керамзитобетона и керамзитофибробетона, изготовленного с применением материалов белорусского производства, в настоящее время выполнено изготовление второй серии опытных образцов в виде цилиндров диаметром 150 мм высотой 300 мм, кубов с размерами ребра 100 и 150 мм. Забивка выполнена в лабораторных условиях. Испытания будут проведены в возрасте 28 сут.

УДК 614.8

КОНЦЕПЦИЯ РИСКОВ

П. С. ОРЛОВСКИЙ¹, В. И. ГУМЕНЮК²¹Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Санкт-Петербург, Россия

Теория риска стала использоваться в конце XIX в. из-за развития статистики, теории вероятностей и возникновения катастроф. Чрезвычайные происшествия последних лет говорят о том, что появление на производстве и в сферах услуг современной техники увеличивает цену технической неисправности или ошибки человека. Однако риск неблагоприятного исхода любой опасной ситуации сокращается от степени осведомленности человека об опасности и возможности управления ею.

Б. Паскаль и П. Ферма разработали теорию вероятности, которая дала возможность оценки риска. Также Паскаль и Ферма предложили метод определения вероятности будущих событий. Но использование аппарата теории вероятности требовало наличия вероятностей, которые необходимо вычислять на основе имеющихся показателей. Решением этой проблемы было предложение Д. Гранта о возможности использования выборки при принятии решений. Э. Ллойдом были введены факторы риска, которые сейчас являются основными категориями теории риска. Стало понятно, что дополнительная информация об условиях деятельности способствует значительному снижению риска. С. Росс предложил многофакторную интегральную регрессионную модель оценки риска. Однако не были решены вопросы учета влияния субъективного фактора на точность оценки риска. Д. Бернулли заметил, что больше внимания уделяется последствиям риска, чем его вероятности наступления, и предложил понятие «полезность риска». Полезность зависит от делающего оценку, т. к. люди, попавшие в чрезвычайную ситуацию, ведут себя по-разному. Исследовать закономерности влияния факторов риска и внести свой вклад в развитие теории риска необходимо. Несмотря на множество отдельных работ, сейчас единого метода по определению риска не выявлено.

Для решения проблем безопасности в развитых странах используется методология риска, в основе которой лежит определение последствий и вероятности неблагоприятных событий. Применяя количественные показатели риска, можно определять потенциальную опасность и даже сравнивать различные опасности. В таком случае в роли показателей опасности понимают вероятность нанесения ущерба для людей и объектов.

Методы и методики, позволяющие определить опасность и спрогнозировать риск аварии, причиной которой послужил потенциально опасный ядерный объект, являются методологическим обеспечением прогнозирова-

ния риска [1, 2].

Под концепцией оценки риска понимают сочетание технократической концепции с экономической, психологической и социальной. В рамках технократической концепции для определения основных компонентов риска необходимо рассматривать распределение опасных событий во времени и по ущербу. Основные параметры, входящие в систему прогнозирования риска: источник опасности, опасное событие, вредные и поражающие факторы, объект воздействия, вероятность возникновения аварии и ущерб. Под опасным событием понимается авария с выбросом радиоактивных веществ, которая образует вредные и поражающие факторы для населения, а именно дополнительные дозовые нагрузки [3–5].

Концепция оценки риска еще далека от идеала и содержит дискуссионные положения. Необходимо разрабатывать новые методики, чтобы концепция нашла достойное место в нашей стране. В настоящее время прогнозируется и оценивается риск здоровью населения от аварий на ядерных объектах с выбросом радионуклидов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Орловский, П. С.** Прогнозирование риска для жизнедеятельности населения в результате техногенных аварий с выбросами радионуклидов / П. С. Орловский, В. И. Гуменюк, А. В. Щур // Неделя науки Санкт-Петербургского политехн. ун-та: материалы научного форума с междунар. участием. Высшая школа техносферной безопасности. – Санкт-Петербург: Политехн. ун-т, 2018. – С. 138–157.

2. **Орловский, П. С.** Risks to the population life activity as a result of man-made accident with the emissions of radionuclides / P. Arlouski, V. Gumenyuk, A. Shchur // Abstracts Processing of the Conference Environment knowledge and Policy Innovation between East and West. – Minsk: Varaksin A.N., 2019. – P. 78–80.

3. **Орловский, П. С.** Оперативный радиационный контроль / П. С. Орловский // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2019. – С. 164.

4. **Орловский, П. С.** Радиационный контроль после аварий на ядерных объектах / П. С. Орловский, В. И. Гуменюк, А. В. Щур // Современные технологии обеспечения безопасности : материалы Междунар. конф. – Ярославль, 2019. – С. 134–137.

5. **Щур, А. В.** Модель распределения индивидуальных дозовых нагрузок от ^{137}Cs , полученных в результате Чернобыльской катастрофы / А. В. Щур, В. И. Гуменюк, П. С. Орловский // Неделя науки СПбПУ: материалы науч. конф. с междунар. участием, 18–23 нояб. 2019 г. Инженерно-строительный институт: в 3 ч. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. – Ч. 3. – С. 31–33.

УДК 691.32

ОСОБЕННОСТИ УСАДКИ КЕРАМЗИТОБЕТОНА
В СРАВНЕНИИ С ТЯЖЕЛЫМИ БЕТОНАМИ

В. А. РЖЕВУЦКАЯ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Усадка бетона характеризуется макроскопическим изменением объема бетона при твердении в воздушной среде. Усадка может быть влажностная, карбонизационная, а также контракционная. Причиной усадки бетона может быть нарушение гигрометрического равновесия влажного капиллярно-пористого бетона с воздухом, а также химические и физические процессы, происходящие в гелевой структурной составляющей цементного камня [6]. К основным факторам, влияющим на усадку легкого бетона, можно отнести: различный состав керамзитобетона, вид крупного и мелко-го заполнителя, различная крупность зерен заполнителя, разновидность цемента и его активность, принимаемое водоцементное отношение, производственные, технические и механические факторы, температура и влажность окружающей среды, характер и условия твердения легкого бетона.

Процесс усадки как для тяжелого, так и для легкого бетона достаточно длительный. Основной период усадки бетона – первые шесть месяцев. Усадка бетона в основном периоде происходит в два отдельных этапа: в раннем периоде и позднем периоде. Ранний период обычно определяется как первый день, когда бетон начинает затвердевать, в то время как более поздний период – после первых 24 ч твердения и более. Ранний период сопровождается самой низкой устойчивостью бетона к деформациям, а усадка наиболее чувствительна к внутренним напряжениям [4]. В течение первых суток сначала керамзитобетон расширяется, а затем – уменьшается в объеме, наблюдаются деформации усадки. Весь процесс усадки наблюдается в течение от одного до двух лет. Изменение величины объема бетона в процессе усадки вызывает растягивающее напряжение и приводит к возникновению и распространению микротрещин, что может ухудшить долговечность и поставить под угрозу прочностные и деформативные характеристики бетонных конструкций. Если величина усадки в раннем периоде имеет большие значения, то существует высокий риск растрескивания бетона.

Деформации усадки имеют большие значения у легких бетонов, чем у тяжелых [2]. Следует отметить, что водопоглощение у керамзитобетонов выше по сравнению с тяжелыми бетонами. Данный факт объясняется тем, что в процессе приготовления бетонной смеси керамзит сначала поглощает воду, а затем с течением времени отдает ее обратно. В связи с вышеизло-

женным, можно сделать вывод, что в керамзитобетоне наблюдается более длительный основной период усадки. К тому же в [3] отмечается, что зависимость усадка – влажность для тяжелого бетона линейная, а для керамзитобетона она нелинейная. У керамзита одинаковых фракций, но разных заводов-производителей может отличаться величина водопоглощения.

Многие исследователи [1, 4, 5] подчеркивают необходимость предварительного увлажнения керамзита перед приготовлением бетонной смеси и с учетом этого принимают во внимание изменение водоцементного отношения. В [5] установили, что усадка керамзитобетона снижается при использовании предварительно увлажненного керамзита. Кроме того, результаты испытаний показали [1] значительно лучшую стойкость к усадочному растрескиванию керамзитобетона при увеличении степени предварительного увлажнения крупного заполнителя.

Планируется проведение исследования деформаций влажностной, карбонизационной усадки и расширения керамзитобетона и армированного керамзитобетона класса LC 20/22. Предварительно определены предел текучести 584 МПа, предел временного сопротивления 681 МПа, относительное удлинение 17,5 % для арматуры \varnothing 12 S500; относительная прочность керамзитового гравия (4...10 мм) в цилиндре 1,08 МПа, насыпная плотность 420 кг/м³; насыпная плотность цемента 1140 кг/м³; модуль крупности карьерного песка 2,13, пористость 37,1 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ji, T. Effect of degree of ceramsite prewetting on the cracking behavior of LWAC / T. Ji, C. Y. Chen, Y. Z. Zhuang, X. J. Lin // Magazine of Concrete Research. – 2012. – Vol. 64 (1). – P. 1–9.
2. Дмитриев, С. А. Расчет предварительно напряженных железобетонных конструкций / С. А. Дмитриев, Б. А. Калатуров. – Москва: Госстройиздат, 1965. – 508 с.
3. Емельянов, А. А. Об оценке усадочных свойств бетонов / А. А. Емельянов // Бетон и железобетон. – 1967. – № 3. – С. 31–33.
4. Effect of lightweight aggregate type on early-age autogenous shrinkage of concrete / Y. Zhuang, D. Zheng, Z. Ng, T. Ji, X. Chen // Construction and Building Materials. – 2016. – Vol. 120. – P. 373–381.
5. Effects of artificial lightweight aggregate on autogenous shrinkage of concrete / K. Kohno, T. Okamoto, Y. Isikawa, T. Sibata, H. Mori // Cement and Concrete Research. – 1999. – Vol. 29 (4). – P. 611–614.
6. Пирадов, А. Б. Конструктивные свойства легкого бетона и железобетона / А. Б. Пирадов. – Москва: Стройиздат, 1973. – 133 с.

УДК 621.926

ВИБРОВАЛКОВЫЙ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ-АКТИВАТОР
ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Л. Л. СОТНИК¹, К. С. ВИННИЧЕК¹, Л. А. СИВАЧЕНКО²

¹Барановичский государственный университет
Барановичи, Беларусь

²Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В настоящее время остро стоит проблема переработки отходов строительного производства и строительного мусора. Ряд строительных организаций производит вторичное использование переработанных материалов. Перерабатывается строительный мусор, оставшийся после возведения объектов или демонтажа старых построек.

Переработка строительного мусора происходит в несколько стадий, на первой стадии происходит дробление строительных отходов, на второй – подготовка материала к дальнейшему помолу или доводка до необходимого гранулометрического размера, обеспечив, тем самым, возможность их повторного использования.

Проведенные всесторонние лабораторные исследования вибровалкового измельчителя-активатора новой конструкции при измельчении материалов с различной структурой и физико-механическими характеристиками (сильвинитовая руда, доломит, известняк, пенобетон и т. д.) позволили определить конструктивные и технологические характеристики и перейти к промышленным испытаниям на производстве [1, 2].

Агрегат вторичного дробления роторная дробилка может быть почти равнозначно заменена вибровалковым измельчителем-активатором.

Дробление отходов из бетона и газосиликатных блоков приводит к образованию пылевидного заполнителя. Данный заполнитель может в дальнейшем использоваться для производства непосредственно бетона. Он также может сократить затраты на его производство и стоимость.

Технологическую схему переработки строительных материалов можно корректировать, в зависимости от вида строительных отходов.

На основании полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований, а также с использованием конструкторских разработок по созданию вибровалкового измельчителя-активатора [3] для измельчения отходов строительного производства нами был спроектирован и изготовлен вибровалковый измельчитель-активатор (рис. 1).

Вибровалковый измельчитель-активатор был установлен в технологической линии перед молотковой дробилкой (рис. 2) для измельчения отходов как собственного производства, так и отходов строительства и демонтажа.

Вибровалковый измельчитель-активатор имел следующие технические характеристики (табл. 1).

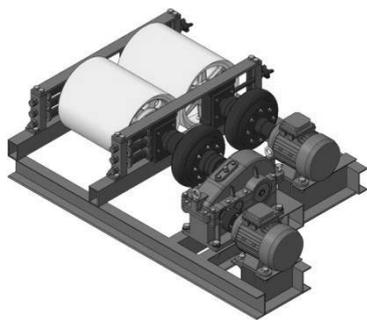


Рис. 1. Модель вибровалкового измельчителя-активатора

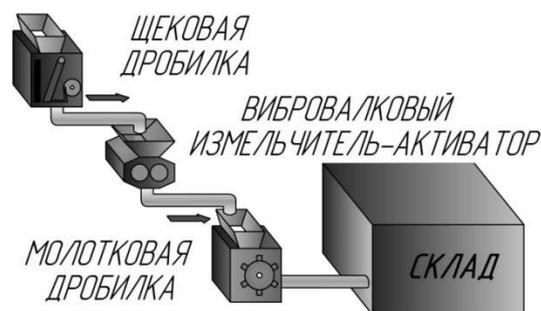


Рис. 2. Технологическая линия переработки строительных отходов

Табл. 1. Технические характеристики вибровалкового измельчителя-активатора

Основная характеристика	Значение параметра
Производительность, т/ч	1,5...2,5
Размеры валков:	
диаметр, м	0,25
длина, м	0,2
Величина эксцентриситета, м	$3 \cdot 10^{-3}$
Зазор между валками, м	$(2...6) \cdot 10^{-3}$
Частота колебаний, Гц	25
Мощность привода, кВт	2×3

Результаты промышленных испытаний вибровалкового измельчителя-активатора показали, что разработанная конструкция измельчителя обладает достаточной работоспособностью и надёжностью в эксплуатации при измельчении материалов.

В результате проведения промышленных испытаний вибровалкового измельчителя-активатора при измельчении материалов было установлено, что он может использоваться для измельчения различных материалов с различными физико-механическими характеристиками и текстурой (бетон, пенобетон, газосиликатные блоки и др.).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Сиваченко, Л. А.** Оценка эффективности дробления вибровалкового измельчителя / Л. А. Сиваченко, А. Н. Хустенко, Л. Л. Сотник // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2017. – № 4. – С. 89–97.

2. **Сотник, Л. Л.** Исследование влияния отдельных факторов на степень измельченности в вибровалковом измельчителе методом математического планирования эксперимента / Л. Л. Сотник, Л. А. Сиваченко // Горная механика и машиностроение. – 2018. – № 1. – С. 30–36.

3. Вибровалковый измельчитель-активатор: пат. РФ № 186478 / В. С. Севостьянов, Л. А. Сиваченко, М. В. Севостьянов, Т. Л. Сиваченко, Л. Л. Сотник, П. Ю. Горягин. – Оpubл. 22.01.2019.

УДК 574.4+504.75

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ
И 3D-ТЕХНОЛОГИЙ В РАДИАЦИОННОМ КОНТРОЛЕ

А. В. ЩУР, Н. К. БОБКОВ, О. И. ФЕДОСЕЕВ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Радиационный контроль в условиях аварийных выбросов с загрязнением значительных территорий осложняется стохастическим выпадением радионуклидов [1]. В связи с этим рядом производителей, в том числе и отечественных, начато производство сканеров радионуклидов и спектрометров с GPS привязкой к местности. Указанное оборудование позволяет создавать электронные карты с точными значениями плотности загрязнения различными изотопами и ожидаемых дозовых нагрузок на население в конкретных географических координатах. Подобные геоинформационные системы (ГИС) обеспечивают привязку точных границ выявленных радиационных аномалий к географическим координатам. Знание точных географических координат радиационных аномалий позволяет ограничить доступ населения к указанным территориям и, в случае необходимости, и проводить целевую дезактивацию. Нами разрабатывается ГИС с нанесением средних по населенному пункту доз внутреннего облучения от инкорпорированных радионуклидов ^{137}Cs и прогноза развития обстановки в зависимости от возможных аварий с выбросом радиоактивных веществ. Создание указанной системы резко снизит объемы и стоимость проведения работ и значительно повысит эффективность мероприятий по ликвидации последствий аварии. В дальнейшем, наличие подробных электронных карт загрязнения облегчит принятие управленческих решений органам государственного управления по контролю и снижению дозовых нагрузок на население пострадавших территорий [1–6]. Кроме того, наличие подобных карт позволяет более эффективно вести разъяснительную и информационную работу с населением и снизить необоснованное беспокойство граждан.

Для обеспечения визуализации радиоактивного, химического и биологического загрязнения зданий и сооружений целесообразно применять 3D-модели этих зданий с нанесением локализованных очагов контаминации, при этом возможно демонстрировать заражение не только в плоскости, но и по всем проекциям. В дальнейшем использование 3D-карты позволит более эффективно производить дезактивацию и обеззараживание помещений, также их дальнейшую эксплуатацию с минимальным риском для работников. Нами создается 3D-проекция корпусов университета с нанесением на нее данных сплошного радиационного контроля.

Резюмируя, следует отметить, что применение современных 3D- и ГИС-технологий значительно повышает эффективность ведения радиационного контроля территорий и способствует снижению опасности радиационных аномалий за счет визуализации их пространственного расположения. Кроме того, указанные технологии облегчат принятие управленческих решений органами государственного управления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Барашенко, В. В.** Создание банка данных по основным радиологическим аспектам на территории Могилевской области / В. В. Барашенко, А. В. Щур, Е. Н. Ланенков // Экологические проблемы полесья и сопредельных территорий: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель, 2004. – С. 20–21.

2. **Агеева, Т. Н.** Оценка обеспечения безопасности населения в зонах радиоактивного загрязнения Могилевской области / Т. Н. Агеева, А. В. Щур / Безопасность в чрезвычайных ситуациях: сб. науч. тр. Всероссийской науч.-практ. конф. 21–22 апр. 2017 г. – Санкт-Петербург: Политехн. ун-т, 2017. – С. 18–22.

3. **Гуменюк, В. И.** Прогнозирование риска для жизнедеятельности населения в результате техногенных аварий с выбросами радионуклидов / В. И. Гуменюк, П. С. Орловский, А. В. Щур // Информационные технологии системы: управление, экономика, транспорт, право. – 2019. – № 1 (33). – С. 185–188.

4. **Орловский, П. С.** Оперативный радиационный контроль / П. С. Орловский, В. И. Гуменюк, А. В. Щур / Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2019. – С. 164.

5. Модель распределения индивидуальных дозовых нагрузок от ^{137}Cs , полученных в результате чернобыльской катастрофы / А. В. Щур, В. И. Гуменюк, П. С. Орловский, О. И. Федосеев // Неделя науки Санкт-Петербургского политехн. ун-та: материалы науч. форума с междунар. участием. Высшая школа техносферной безопасности. – Санкт-Петербург: Политехн. ун-т, 2019. – С. 31–33.

6. **Орловский, П. С.** Радиационный контроль после аварий на ядерных объектах / П. С. Орловский, В. И. Гуменюк, А. В. Щур // Современные технологии обеспечения безопасности жизнедеятельности: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Ярославль, 31 окт. 2019 г. – Ярославль: Ярослав. гос. пед. ун-т им. К. Д. Ушинского, 2019. – С. 134–137.

УДК 621.3

ТУРБИДИМЕТР С АДАПТИВНЫМ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

А. А. АФАНАСЬЕВ, В. Ф. ГОГОЛИНСКИЙ,
В. В. ПИСАРИК, А. П. МАГИЛИНСКИЙ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Информацию о концентрации взвешенных частиц (дисперсной фазы – ДФ) получают с помощью специальных приборов – турбидиметров или нефелометров. Они позволяют осуществлять:

- контроль качества питьевой воды на всех этапах ее подготовки;
- контроль физико-химических параметров сточных вод;
- измерение параметров водонефтяных эмульсий при добыче и подготовке нефти;
- контроль процессов в пищевой промышленности;
- исследования концентрации органических и неорганических взвесей в гидрографии и океанологии и т. д.

Чувствительность турбидиметрического метода уступает нефелометрическому, но он оказывается предпочтительным при измерении больших концентраций и в тех случаях, когда дисперсность мутной среды нестабильна. При больших концентрациях характеристика «выход фотоприёмника – концентрация» у нефелометрического метода становится существенно нелинейной и даже наблюдается ее обратный ход, что препятствует однозначным измерениям, а нестабильность дисперсности частиц может привести к сильным изменениям направления максимума рассеивания.

Основным аналитическим выражением для турбидиметрического метода является

$$I = I_0 e^{-\varepsilon_\lambda CL} = I_0 e^{-\tau L}, \quad (1)$$

где I и I_0 – интенсивности падающего и прошедшего через слой среды потоков соответственно; $e^{-\varepsilon_\lambda}$ – удельная экстинкция – параметр, показывающий ослабление света на единичной толщине зондируемого слоя в среде с единичной концентрацией дисперсной фазы на данной длине волны λ ; C – концентрации взвешенных частиц; L – толщина зондируемого слоя.

Величина $\tau = \varepsilon_\lambda C$ связывает светопропускание $T = I/I_0$ в слое мутной среды с толщиной L этого слоя.

Построенные с использованием выражения (1) графические зависимости светопропускания $T = I/I_0$ в слое мутной среды от толщины L

этого слоя (рис. 1) позволяют сделать следующие выводы:

– при увеличении L чувствительность турбидиметрического метода возрастает, и в этом случае он становится эффективным и при малых значениях концентрации ДФ;

– чувствительностью турбидиметрического метода можно управлять, изменяя толщину L зондируемого слоя, фактически изменяя оптическую базу первичного преобразователя.

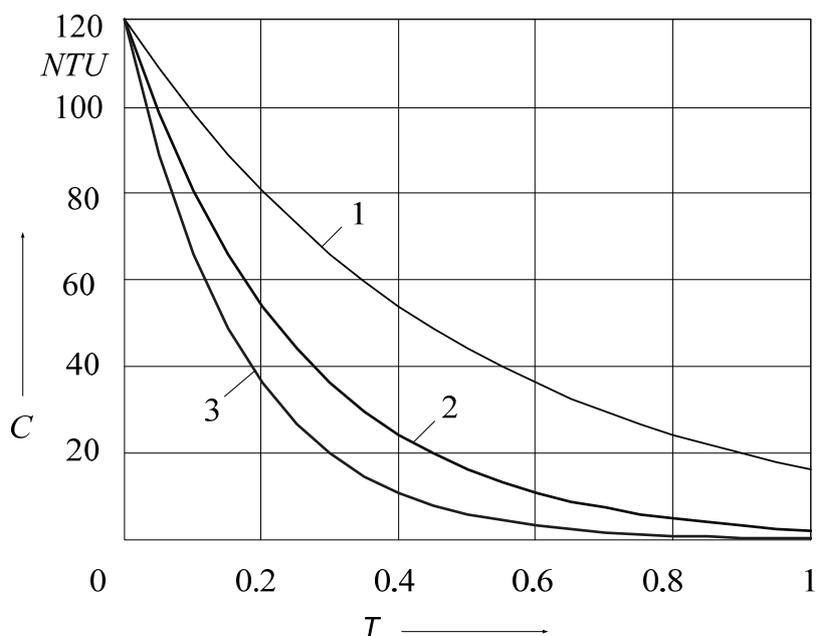


Рис. 1. Зависимость концентрации ДФ от коэффициента пропускания среды T при разных значениях L : 1 – график функции преобразования при $L = 60$ мм; 2 – график функции преобразования при $L = 40$ мм; 3 – график функции преобразования при $L = 20$ мм

Для получения достоверных результатов при использовании турбидиметрического метода был разработан двухканальный однолучевой адаптивный первичный оптико-электронный преобразователь с применением гибких волоконно-оптических световодов. В нем предусмотрена возможность изменения размера оптической базы, что приводит к изменению толщины просвечиваемого слоя контролируемой среды, выбору её оптимальной с точки зрения получения максимальной чувствительности в процессе измерения.

Выбор размера оптической базы первичного преобразователя осуществляется в автоматическом режиме на основе данных, получаемых в процессе измерений, и данных, полученных при градуировке прибора и записанных в его электронную память.

УДК 620.179.16

РАССЕЯНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛН, ВОЗБУЖДАЕМЫХ
ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ, НА НЕСПЛОШНОСТЯХА. Р. БАЕВ¹, А. И. МИТЬКОВЕЦ², А. Л. МАЙОРОВ¹¹Институт прикладной физики НАН Беларуси²Институт физики НАН Беларуси

Минск, Беларусь

В последнее время значительное внимание обращено на развитие оптоакустических (ОА) методов контроля, реализуемых как бесконтактным, так и комбинированными способами. Последние могут быть реализованы, например, путем возбуждения упругих волн (УВ) в объекте импульсно-лазерным излучением с последующим их приемом контактными или электромагнитоакустическими преобразователями.

На первом этапе настоящей работы дан краткий анализ возможностей и областей приложения использования указанных ОА-методов. В частности, на примере предложенной сотрудниками Института Фраунгофера (Германия) схемы контроля проката, включающей один ОА-источник и четыре бесконтактных оптических приемника УВ, проанализирован измерительный тракт применительно к обнаружению дефектов:

$$\Xi_i \sim \xi_i = JK_{AO} \Phi_{ID}(\alpha_D) \Phi_D(\alpha_i) K_\xi(\alpha_i) f_{ID}(r_0) f_{DP}(r_i), \quad (1)$$

где Ξ_i – сигнал на выходе измерительного блока; ξ_i – амплитуда смещения поверхности объекта при падении отраженной от несплошности упругой волны; K_{OA} и K_{AO} – коэффициенты прямого и обратного преобразования оптического излучения в акустические колебания и обратно; $\Phi_{ID}(\alpha_D)$ – функция, характеризующая направленность УВ в область отражателя; $\Phi_D(\alpha_i)$ – в область i -го приемника; $K_\xi(\alpha_i)$ – коэффициент, характеризующий отражательную способность дефекта; $f_{ID}(r_0)$ и $f_{DP}(r_i)$ – функции ослабления акустического сигнала от источника УВ до отражателя и от последнего до одного из приемников.

С целью упрощения и удешевления указанной схемы измерений авторами предложено использовать всего один оптический приемник колебаний поверхности, а возбуждение УВ осуществлять импульсно-лазерным воздействием в нескольких реперных точках объекта.

Во второй части работы экспериментально изучена диаграмма направленности поля излучения продольных УВ при воздействии на объект лазерного излучения с разной формой пятна луча и выполнено моделирование схемы обнаружения модельного дефекта в виде цилиндрического сверления диаметром 2,5 мм в режиме эхо (рис. 1). Исследование диаграммы направленности приемника или излучателя волн $\Phi(\alpha)$ проведено согласно традиционной схеме – путем кругового съема поля излучения источника волн, устанавливаемых на полуцилиндрический образец радиусом 120 мм и толщиной 50 мм. Как установлено, угловая ширина диаграммы направлен-

ности на уровне 0,1 составляет $\theta_{ш} \approx 65...67$ град для $f = 2,5$ МГц и $62...64$ град для $f = 4$ МГц. Согласно расчетам, при $d \ll \lambda$ $\Phi \sim \cos\alpha$, так что максимальная величина $\theta_{ш} \sim 83...85$ град. При моделировании излучения и приема рассеянных отражателем УВ (рис. 2) было предложено повысить стабильность измерений и существенно снизить шумовой фон за счет использования линейного (но не испарительного режима) возбуждения волн. Он реализуется путем пропускания лазерного луча через локальную иммерсионную ванну. Как установлено, возбуждаемое поле нормальных смещений ξ_n на поверхности образца в области пятна лазерного луча близко к тому, что имеет место при поршневом режиме излучения УВ. При этом существенно снижается шумовой фон в измерительном тракте, вызванный сопутствующими модами и нестабильностью амплитуды отраженного от дефекта сигнала, что весьма важно при проведении исследований на предварительном этапе разработки методики контроля. Как показывает анализ данных эксперимента, различие нормализованных зависимостей амплитуды сигналов $A(x_i)$, фиксируемых на разных расстояниях от точки ввода УВ, их расхождение не превышает 1...2 дБ. Что касается разницы расчетного и опытного времени прихода зондирующего сигнала $\Delta t(x_i)$ на приемные преобразователи, то она не превышает 2...3 %.

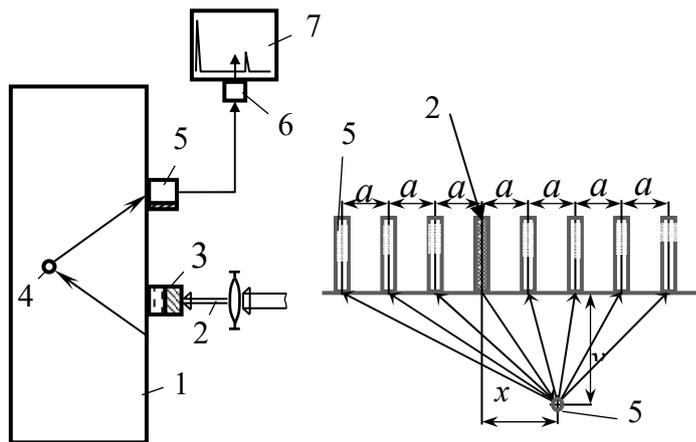


Рис. 1. Схема моделирования рассеяния УВ, возбуждаемых лазерным излучением в стальном образце с отражателем: 1 – образец; 2 – лазерный луч; 3 – иммерсионная ванна; 4 – отражатель; 5 – положение приемников УВ; 6, 7 – измерительное устройство; $a = 10$ мм

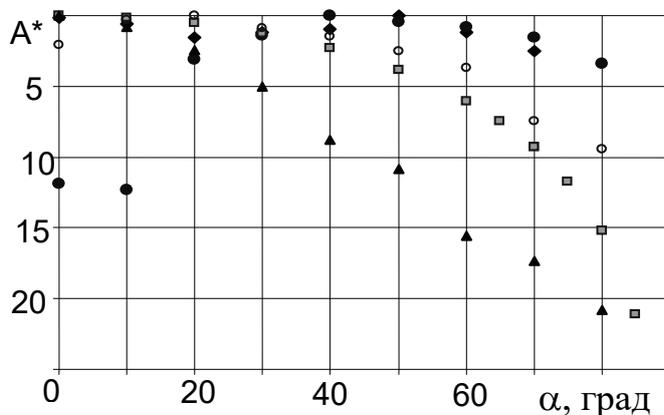


Рис. 2. Поле продольных волн, возбуждаемых лазерным излучением: форма лазерного пятна круглая (◆), в виде вытянутой полосы шириной $d = 2$ мм (●) и $d = 1$ мм (▲); косинусоидальная зависимость поля излучения УВ (◻)

УДК 620.179.16

КОМБИНИРОВАННЫЙ СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТБРАКОВКИ ЧУГУНОВА. Р. БАЕВ¹, А. М. СКИБАРЬ²,
В. В. КОНОВАЛОВ¹, Г. И. РАЗМЫСЛОВИЧ¹¹ Институт прикладной физики НАН Беларуси²ОАО «Минский автомобильный завод»

Минск, Беларусь

Как показывает анализ известных корреляционных зависимостей между показаниями сигналов-откликов, полученных в результате воздействия полей разной природы (электромагнитного, акустического и др.) на чугуны, и их физико-механическими и структурными свойствами, наибольшей достоверностью обладают те, что получены в результате прямого или косвенного измерения скорости акустической волны [1]. Расширить технические возможности структуроскопии чугунов представляется возможным путем использования комбинированных методов, информационно дополняющих друг друга [2, 3].

В работе представлены некоторые результаты исследования двухпараметрового метода неразрушающего контроля, сочетающего ультразвуковой и магнитный метод (метод отрыва) для структуроскопии марок чугунов (ЧГ), включая ВЧ50 (перлитный), СЧ20, а также ЧВГ35 – с вермикулярной формой. В качестве измеряемого информативного акустического параметра использована скорость ультразвука C , а магнитного – остаточное поле H_m . Твердость образцов по Бринеллю BH и прочность на разрыв σ_p определяли в заводской лаборатории. На рис. 1 приведены экспериментальные зависимости по влиянию содержания перлитной фазы q_p образцов ВЧ50 на указанные выше измеренные магнитным и ультразвуковым методом параметры $\{H_m, C\}$ и их физико-механические свойства $\{\sigma_p, BH\}$. Как установлено, увеличение содержания перлита в чугуне в указанном диапазоне $q_p = 20...80\%$ не вызывает существенного изменения скорости продольной и др. мод УЗК ($\sim 1...1,5\%$) при изменении твердости по Бринеллю (182...252 ед.) и временного сопротивления (530...730 МПа), однако H_m возрастает в $\sim 2,6$ раза. Изменение же скорости УЗК не превышает $1...1,5\%$ при погрешности измерений $\sim 0,3...0,5\%$. Так что наилучшая корреляция опытных данных при оценке твердости или содержания перлита достигается магнитным

методом. При этом коэффициент корреляции зависимости H_m от BH составляет $\sim 0,9$. Как следует из данных исследований, с ростом q_p возрастают механические свойства чугуна, зависящие преимущественно от межпластинчатого расстояния, характеризуемого суммарной толщиной

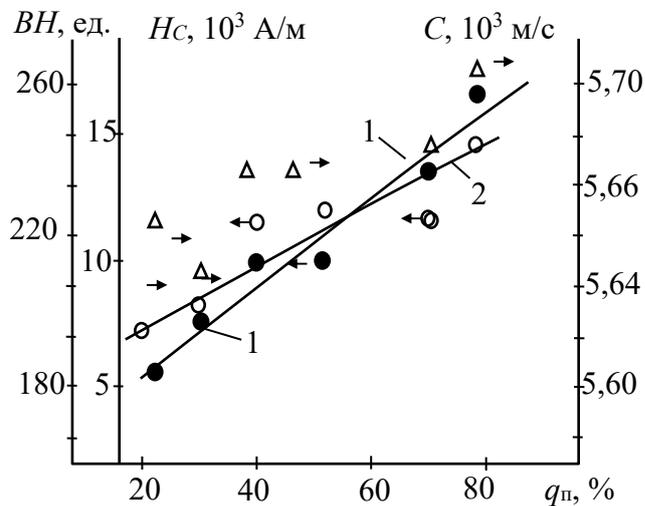


Рис. 1. Зависимость остаточного магнитного поля (1, o), твердости по Бринеллю (2, ●) и скорости УЗК (Δ) в ВЧ50 от содержания перлита q_p

пластинок обеих фаз перлита – цементита и феррита. По-видимому, основной причиной роста остаточного магнитного поля от содержания в чугуне перлита и его слабого влияния на изменение скорости УЗК обусловлено тем, что при вводе легирующих добавок уменьшается содержание шаровидного графита и изменяется его форма, а выделенный углерод образует с железом и его соединениями структуру, обладающую значительно

большой энергией разрушения и плотностью по сравнению с исходной. Подобная же картина для зависимостей H_m (BH , σ_p) имеет место и при исследовании образцов СЧ, где H_m возрастает практически в 3 раза. Что касается скорости УВ, то она увеличивается на $\sim 20...22\%$ с твердостью (160...310 ед.). Таким образом, на изменение механических свойств ЧГ может оказать влияние температурно-временной режим выплавки металла, неоднородное распределение лигатуры по его объему, изменяющие форму и количества включений графита, а также содержания перешедшего в связанное состояние углерода. Принимая во внимание такие факторы, как погрешность измерений, коэффициенты корреляции, а также (что важно) состояние поверхности ЧГ, следует заключить, что использование в качестве наиболее информативного параметра именно скорости УЗК является предпочтительным. Что касается результатов исследования образцов чугуна с вермикулярным графитом, то, как установлено, зависимости H_m от твердости (182...252 ед.) и прочности (530...730 МПа) являются неоднозначными, имеющими характерный экстремум. Зависимости же $C^*(BH)$ и $C^*(\sigma_p)$ – возрастающие, что делает акустический вид применимым к оценке структуры ЧВГ и его механических свойств. Таким

образом, совместное использование магнитных и акустических параметров может существенно повысить информативность диагностирования структуры чугунов и способствовать решению важной задачи по разбраковке чугунных отливок и изделий из них по маркам. Методика отбраковки марки серого чугуна СЧ20 внедрена в производство на Минском автомобильном заводе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Результаты использования индикаторов структуры высокопрочного типа ИЧ в условиях производства чугуна / А. Р. Баев, А. Л. Майоров, Г. Е. Коновалов, Н. Н. Гиль // *Литье и металлургия*. – 2006. – № 2. – С. 102–105.
2. **Бусько, В. Н.** Неразрушающий контроль изделий из чугуна методом эффекта Баркгаузена / В. Н. Бусько, В. Л. Венгринович, Б. А. Чепыжов // *Неразрушающий контроль и диагностика*. – 2010. – № 4. – С. 18–29.
3. **Сандомирский, С. Г.** Влияние структуры металлической матрицы высокопрочного чугуна на коэрцитивно чувствительный параметр и скорость звука / С. Г. Сандомирский, В. Л. Цукерман // *Литье и металлургия*. – 2007. – № 2. – С. 41–45.

УДК 584.86
АКУСТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ПЬЕЗОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ
В ВИДЕ КОЛЬЦЕВЫХ РЕШЕТОК ФРЕНЕЛЯ С ИЗМЕНЯЕМЫМ
ФОКУСНЫМ РАССТОЯНИЕМ

В. И. БОРИСОВ, Н. И. КАЗАЧЕНКО,
Е. Н. ПРОКОПЕНКО, С. С. СЕРГЕЕВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В настоящее время для повышения чувствительности и разрешающей способности средств ультразвукового неразрушающего контроля используются пьезоэлектрические преобразователи (ПЭП) в виде фазированных решеток различной формы. Поле излучения таких преобразователей формируется в результате интерференции когерентных акустических волн.

В работе приведены результаты численного анализа акустического поля излучения фокусирующего ПЭП, представляющего собой акустический аналог оптической зонной пластинки Френеля, состоящей из 17 концентрических кольцевых пьезоэлементов шириной в половину длины акустической волны каждый, настроенного на определенное фокусное расстояние. В работе анализировалось изменение акустического поля ПЭП при последовательном увеличении фазового сдвига возбуждающих электрических сигналов на отдельных кольцевых элементах акустической решетки в направлении от центрального элемента решетки к периферийным и наоборот.

Расчеты проводились для резонансной частоты пьезоэлементов 5 МГц и длины волны 0,3 мм, что соответствует нагружению ПЭП на водную среду. Методика расчета такого преобразователя представлена в [1, 2].

Характерной особенностью распределения акустического давления вдоль оси рассмотренного ПЭП является наличие двух ярко выраженных фокусов, главный из которых определяется конструкцией решетки, а дополнительный располагается на расстоянии, приблизительно равным половине основного фокусного расстояния от решетки.

На рис. 1 представлена зависимость расстояния основного максимума поля излучения при увеличении сдвига фазы подаваемого сигнала на соседние элементы ПЭП с фокусным расстоянием 100 мм в диапазоне от 0 до 5 рад.

Как видно из рис. 1, при увеличении сдвига фазы φ от центрального элемента решетки к периферийному в диапазоне от 0 до 5 рад наблюдается монотонное смещение основного максимума поля излучения вдоль оси

излучения от 100 до 500 мм. Кроме того (см. рис. 1), видно, что при увеличении сдвига фазы от периферийного элемента к центральному наблюдается практически линейная зависимость изменения расстояния от решетки до основного максимума от 100 до 50 мм.

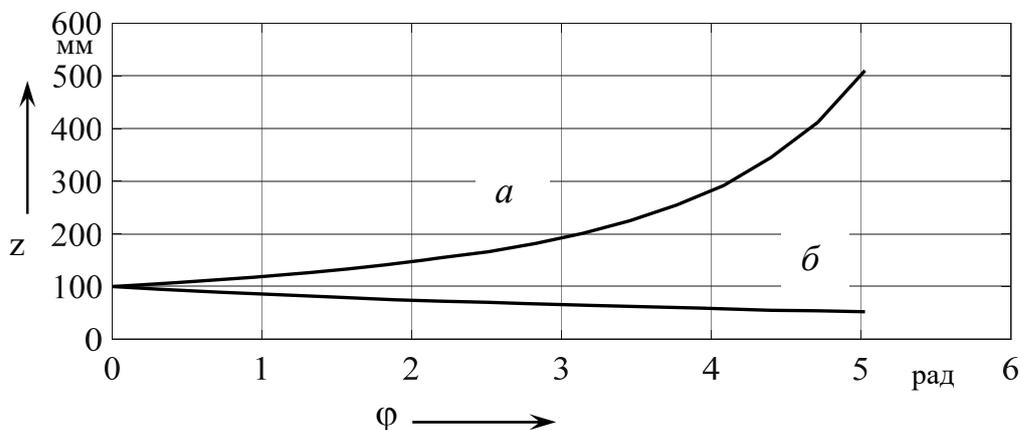


Рис. 1. Зависимость расстояния основного максимума поля излучения от сдвига фазы между элементами преобразователя: *а* – увеличение сдвига фазы от центрального элемента к периферийному; *б* – увеличение сдвига фазы от периферийного элемента к центральному

Наблюдаемая перестройка фокусного расстояния может быть использована для задач акустического неразрушающего контроля материалов и изделий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ 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.
2. **Казаченко, Н. И.** Акустическое поле излучения кольцевых решетчатых фокусирующих пьезопреобразователей / Н. И. Казаченко, В. И. Борисов // Информационные технологии, энергетика и экономика: сб. тр. XVI МНТК студентов и аспирантов, Смоленск, 25–26 апр. 2019 г. – Смоленск: МЭИ (Смолен. фил.), 2019. – Т. 1. – С. 283–285.

УДК 620.179.14

АНАЛИЗ КОНТРОЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ МАГНИТОГРАФИЧЕСКОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ

С. А. БОРОВИКОВА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Контрольные образцы предназначены для идентификации и оптимизации условий неразрушающего контроля различных объектов. Рассмотрим основные тенденции их разработки для магнитографической дефектоскопии стыковых сварных соединений.

Согласно [1], для настройки дефектоскопа на предельную чувствительность применяют эталонные магнитные ленты. При изготовлении эталонных лент используют испытательные образцы, которые контролируют при рабочих режимах намагничивания с использованием рабочих намагничивающих устройств. Контрольные образцы представляют собой часть изделия, сварной шов которого выполнен по той же технологии, что и швы изделия, подлежащие контролю. Однако такой образец не учитывает возможного изменения параметров выпуклости шва при сварке, что может существенно влиять на чувствительность метода контроля.

В [2] разработан контрольный образец, представляющий собой две пластины, выполненные из материала контролируемого изделия и соединенные швом с монотонно изменяющейся величиной радиуса кривизны выпуклости шва. Показано, что можно создать условия, при которых в плоскостях симметрии сварных швов и их окрестностях контролируемого изделия и контрольного образца тангенциальные составляющие напряженностей результирующих полей будут тождественны.

С целью расширения области использования разработан контрольный образец, содержащий ферромагнитный цилиндрический сегмент, закрепленный параллельно наружному сварному шву с противоположной стороны образца [3]. Он может имитировать обратный валик сварного шва различной формы и размеров.

Если проплавление кромок свариваемых деталей не произошло, то в стыковом сварном соединении отсутствует обратный валик шва. Это учитывается в [4], в котором обратные валики шва выполнены прерывисто, а канавка, имитирующая дефект, профрезирована между ними.

При намагничивании объекта в процессе магнитографического контроля сварной шов в поперечном направлении намагничен неравномерно, сильнее по мере удаления от плоскости симметрии. Это приводит к смещению рабочей точки характеристики магнитной ленты и может привести к изменению амплитуды сигнала, обусловленного дефектом одинаковой глубины. Для имитации непроваров, расположенных на различном расстоянии от плоскости симметрии шва, сварной шов выполняют таким образом, что с одной стороны контрольного образца стык пластин совпадает с плоскостью симметрии шва, а с противоположной стороны – расположен у края шва [5].

С целью имитации дефекта переменного сечения в [6] искусственный дефект в корне шва выполнен переменной ширины и (или) переменной глубины.

Таким образом, основные тенденции разработки контрольных образцов: учет влияния на чувствительность контроля параметров наружной и обратной выпуклостей швов, расстояния от плоскости симметрии шва до дефекта, параметров дефектов – ширины и глубины.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **ГОСТ 25225–82.** Контроль неразрушающий. Швы сварных соединений трубопроводов. Магнитографический метод. – Москва: Изд-во стандартов, 1994. – 17 с.
2. Контрольный образец для магнитной дефектоскопии:
а. с. SU 741136 / А. М. Шарова, В. А. Новиков. – Оpubл. 15.06.1980.
3. Контрольный образец для магнитной дефектоскопии:
а. с. SU 1534381 / А. М. Шарова, А. А. Давыдков, В. А. Романов, А. П. Магилинский. – Оpubл. 07.01.1990.
4. Контрольный образец для магнитной дефектоскопии:
а. с. SU 1732250 / В. А. Новиков, В. А. Романов, М. А. Шкель, Е. С. Алексеенко. – Оpubл. 07.05.1992.
5. Контрольный образец для магнитной дефектоскопии:
а. с. SU 1677602 / В. А. Новиков. – Оpubл. 15.09.1991.
6. Контрольный образец для магнитной дефектоскопии:
а. с. SU 1534381 / А. М. Шарова, А. А. Давыдков, В. А. Романов, А. П. Магилинский. – Оpubл. 07.01.1990.
7. Контрольный образец для магнитной дефектоскопии:
а. с. SU 2002251 / А. Н. Сеница, А. М. Шарова. – Оpubл. 30.10.1993.

УДК 620.179.14
О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ КОНТРОЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ
ДЛЯ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ОБЪЕКТОВ
МЕТОДОМ ВИЗУАЛИЗИРУЮЩЕЙ ПЛЕНКИ

С. А. БОРОВИКОВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

На кафедре «Физические методы контроля» Белорусско-Российского университета разработан магнитный метод дефектоскопии ферромагнитных объектов, позволяющий обнаруживать дефекты в намагниченных ферромагнитных объектах с помощью пленки, визуализирующей магнитные поля, по наличию на ней индикаторных рисунков дефектов. Он обеспечивает одновременную визуализацию магнитных полей рассеяния дефектов на большой площади объекта, слабо подвержен влиянию мешающих факторов, позволяет производить контроль без предварительной механической обработки поверхности объекта. Показано, что индикаторные рисунки дефектов на пленке отличаются от индикаторных рисунков при магнитопорошковом методе контроля и зависят от угла наблюдения. К настоящему времени разработаны теоретические и экспериментальные основы количественной оценки параметров и глубины залегания дефектов путем компьютерной обработки изображений их индикаторных рисунков на пленке, созданы технические средства и методики магнитного контроля деталей и заготовок с поверхностью в состоянии поставки [1]. Существенным недостатком разработанного метода дефектоскопии является отсутствие контрольных образцов, позволяющих осуществлять дефектоскопию реальных объектов с гарантированно высокой чувствительностью. То есть определять наличие в объекте дефектов сплошности, производить их идентификацию, определять параметры и глубину их залегания при предварительно установленных на контрольном образце условиях (режиме намагничивания, угле наблюдения, расположении пленки по отношению к намагничивающему устройству) при обнаружении наружных, внутренних дефектов и дефектов внутренней поверхности.

Наличие таких контрольных образцов обеспечит высокую чувствительность и достоверность контроля.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Шилов, А. В.** Дефектоскопия ферромагнитных объектов с визуализацией магнитных полей на пленке: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.11.13 / А. В. Шилов. – Могилев, 2015. – 24 с.

УДК 620.179.142.6
**ВЛИЯНИЕ СЛОЯ ХРОМА НА ТОЧНОСТЬ
 МАГНИТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТОЛЩИНОМЕТРИИ СЛОЯ НИКЕЛЯ
 ДВУХСЛОЙНОГО ХРОМОНИКЕЛЕВОГО ПОКРЫТИЯ**

О. В. БУЛАТОВ

Институт прикладной физики НАН Беларуси
 Минск, Беларусь

Магнитодинамический метод [1, 2] позволяет измерять толщину слоя никеля под слоем любого неферромагнитного материала (например, хрома). Так как слой хрома является одним из основных факторов, влияющих на показания прибора, увеличение толщины этого слоя может привести к значительному снижению точности толщинометрии слоя никеля.

Данная работа посвящена исследованию зависимости дополнительной погрешности δ_{Cr} , обусловленной наличием слоя хрома, от его толщины d при разной толщине b слоя никеля. Исследование основано на расчетных данных (рис. 1), полученных методом конечных элементов в пакете прикладных программ FEMM [3] и подтвержденных экспериментально с помощью никелевых и неферромагнитных пластин.

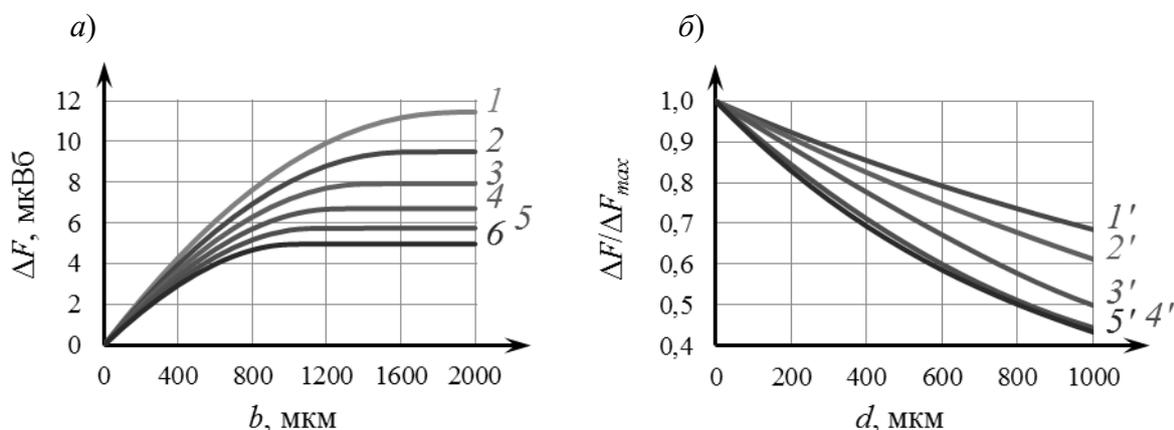


Рис. 1. Зависимость изменения ΔF магнитного потока, охваченного центральным витком измерительной обмотки преобразователя прибора, от толщины b слоя никеля при различной толщине d слоя хрома (а) и зависимость относительного изменения $\Delta F/\Delta F_{\max}$ того же потока от d при разной b (б): линия 1 соответствует случаю, когда слой хрома отсутствует ($d = 0$); 2 – слою хрома толщиной $d = 200$ мкм; 3 – 400 мкм; 4 – 600 мкм; 5 – 800 мкм; 6 – 1000 мкм; 1' – слою никеля толщиной $b = 400$ мкм; 2' – 800 мкм; 3' – 1200 мкм; 4' – 1600 мкм; 5' – 2000 мкм

Величина, вычисляемая умножением числа витков измерительной обмотки магнитодинамического преобразователя на изменение ΔF , обусловленное его удалением на условно бесконечное расстояние от изделия, является расчетным аналогом информативного сигнала (ЭДС индукции, возникающей в витках обмотки в момент отрыва

преобразователя от изделия). Так как при вышеуказанных значениях толщины b линии зависимости $\Delta F(d)$ значительно удалены друг от друга, на втором графике (см. рис. 1, б) представлено относительное изменение $\Delta F/\Delta F_{\max}$ магнитного потока, проходящего через контур центрального витка обмотки. Оба графика свидетельствуют о том, что информативный сигнал преобразователя зависит от каждой из двух толщин, следовательно, от них же зависит и погрешность δ_{Cr} , расчетные значения которой приведены в табл. 1.

Табл. 1. Дополнительная погрешность δ_{Cr} , обусловленная наличием слоя хрома, при разных толщинах d и b слоев хрома и никеля соответственно

d , мкм	δ_{Cr} , %		d , мкм	δ_{Cr} , %	
	$b = 200$ мкм	$b = 700$ мкм		$b = 200$ мкм	$b = 700$ мкм
100	-3,8	-5,5	1100	-32,1	-44,7
200	-7,4	-10,7	1200	-34,2	-47,5
300	-10,8	-15,6	1300	-36,3	-50,2
400	-14,0	-20,1	1400	-38,2	-52,8
500	-17,0	-24,3	1500	-40,1	-55,3
600	-19,9	-28,3	1600	-41,8	-57,7
700	-22,6	-32,0	1700	-43,5	-60,0
800	-25,2	-35,4	1800	-45,2	-62,3
900	-27,6	-38,7	1900	-46,8	-64,6
1000	-29,9	-41,8	2000	-48,3	-66,7

Из табличных данных видно, что при достаточно большой толщине d погрешность δ_{Cr} составляет десятки процентов и тем самым делает невозможным измерение толщины b (знак «минус» объясняется ослаблением информативного сигнала с увеличением d). Другой вывод состоит в том, что δ_{Cr} изменяется почти по линейному закону. Именно это обстоятельство позволило разработать простой и эффективный способ снижения влияния толщины слоя хрома на точность измерений толщины b .

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ 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. Контроль толстослойных никелевых покрытий на двухслойных (неферромагнетик-ферромагнетик) основаниях магнитодинамическим методом толщинометрии / А. А. Лухвич, О. В. Булатов, А. Л. Лукьянов // Дефектоскопия. – 2014. – № 4. – С. 3–12.
3. Finite Element Method Magnetics [Electronic resource] // User's Manual. – Mode of access: <http://www.femm.info/wiki/Files/files.xml?action=download&file=manual.pdf>. – Date of access: 12.02.2020.

УДК 620.179.142.6
СПОСОБ УЧЕТА СЛОЯ ХРОМА ПРИ МАГНИТОДИНАМИЧЕСКОЙ
ТОЛЩИНОМЕТРИИ СЛОЯ НИКЕЛЯ ДВУХСЛОЙНОГО
ХРОМОНИКЕЛЕВОГО ПОКРЫТИЯ

О. В. БУЛАТОВ

Институт прикладной физики НАН Беларуси
Минск, Беларусь

Увеличение толщины слоя хрома приводит к постепенному снижению точности магнитодинамической толщинометрии слоя никеля двухслойного хромоникелевого покрытия, однако учет этой толщины при каждом измерении позволяет предотвратить указанное снижение.

Толщину слоя хрома можно учесть одним из двух способов:

1) сначала измерить ее во всех контрольных точках изделия, а затем скорректировать показания прибора при измерении толщины слоя никеля в тех же точках;

2) вместо исходной градуировочной зависимости, построенной с помощью мер толщины никелевого покрытия, использовать скорректированную зависимость, полученную при наложении на каждую меру имитатора слоя хрома (неферромагнитной пленки).

Одним из двух основных недостатков первого способа является необходимость предварительного измерения толщины слоя хрома, значительно усложняющая методику толщинометрии слоя никеля. Другой недостаток является следствием названного: погрешность измерений толщины слоя хрома входит в состав погрешности толщинометрии слоя никеля, за счет чего вторая из них может существенно увеличиться.

Второй способ лишен вышеперечисленных недостатков, при этом его реализация не предполагает каких-либо дополнительных действий в процессе измерения толщины слоя никеля. Ниже приведены данные, полученные в пакете прикладных программ FEMM и подтверждающие эффективность использования скорректированной градуировочной зависимости.

Оценка указанной эффективности выполнена для диапазонов толщин слоев никеля 200...700 мкм и хрома 50...150 мкм, при этом была исследована дополнительная погрешность, обусловленная наличием слоя хрома. В столбце 3 (табл. 1) приведены расчетные значения δ_{Cr} этой погрешности, соответствующие ее практическим значениям, получаемым в случае использования исходной градуировочной зависимости. Столбец 4 содержит значения δ'_{Cr} , аналогичные значениям, получаемым на практике с помощью скорректированной зависимости. Для ее построения необходимо в процессе градуировки магнитодинамического прибора поочередно накладывать ферромагнитную пленку, имеющую заданную толщину (в данном случае 100 мкм), на никелевое покрытие каждой меры.

Табл. 1. Расчетные значения дополнительной погрешности, обусловленной наличием слоя хрома толщиной d , до (δ_{Cr}) и после (δ'_{Cr}) учета этого слоя при измерении толщины b слоя никеля

d , мкм	b , мкм	δ_{Cr} , %	δ'_{Cr} , %
1	2	3	4
50	200	-1,90	+1,99
	300	-2,04	+2,13
	400	-2,19	+2,30
	500	-2,36	+2,49
	600	-2,56	+2,72
	700	-2,79	+3,00
100	200	-3,81	0
	300	-4,07	
	400	-4,36	
	500	-4,69	
	600	-5,07	
	700	-5,52	
150	200	-5,65	-1,93
	300	-6,04	-2,07
	400	-6,47	-2,23
	500	-6,95	-2,41
	600	-7,51	-2,64
	700	-8,17	-2,90

Из табличных данных следует, что обусловленная хромом дополнительная погрешность в рассматриваемых диапазонах толщин d и b может быть существенной для практики, поскольку модуль этой погрешности может увеличиваться более чем в 4 раза, достигая 8 %.

Ситуация принципиально меняется при условии использования скорректированной градуировочной зависимости. Видно, что в этом случае вышеуказанная погрешность не превышает 3 %, т. е. модуль ее максимума значительно (почти втрое) уменьшается. Однако наибольший эффект от применения предложенного способа учета слоя хрома достигается при равенстве толщин этого слоя и градуировочной пленки: дополнительная погрешность отсутствует во всем диапазоне толщины b . Установлено, что в диапазоне толщины d от 90 до 110 мкм значения δ'_{Cr} указанной погрешности практически не выходят за пределы $\pm 0,5$ %.

Дополнительная погрешность отсутствует при условии, что толщина градуировочной пленки равна измеряемой толщине. Чем больше различие между толщиной пленки и серединой диапазона (50...150 мкм), тем больше по модулю максимум указанной погрешности. В связи с этим для градуировки прибора следует использовать пленку, толщина которой равна оптимальному значению $d = 100$ мкм или наиболее близка к нему.

Таким образом, учет слоя хрома предложенным способом позволяет значительно уменьшить погрешность толщинометрии слоя никеля.

УДК 620.179/615.31
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ
РАЗНЫХ ВИДОВ ОРТОПЕДИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

В. Н. БУСЬКО¹, С. П. РУБНИКОВИЧ²,
А. Д. ФИСЮНОВ³, С. В. ПРЯЛКИН²

¹Институт прикладной физики НАН Беларуси

²Белорусская медицинская академия последипломного образования
Минск, Беларусь

³Витебский государственный медицинский университет
Витебск, Беларусь

Исследование механических свойств, в частности, прочностных характеристик материалов, относится к важным научным и прикладным задачам, стоящим перед предприятиями различных отраслей промышленности. Известны примеры использования разработанной в ИПФ НАН Беларуси технологии проведения механических испытаний, исследования процессов накопления усталостной повреждаемости и оценки усталостной прочности (долговечности) в плоских ферромагнитных образцах с помощью магнитошумового метода.

В данной работе впервые предложено использовать разработанную экспериментальную модель механических испытаний и исследования усталостной прочности ортопедических конструкций (ОК), используемых в практической стоматологии и имеющих ряд отличных от ферромагнитных сталей и сплавов специфических особенностей. Так как в полости рта ОК подвергаются действию преимущественно динамических нагрузок и для оценки их прочностных характеристик, оптимизации конструкции и прогнозирования прочности их функционирования, наиболее целесообразно проводить тестирование на усталостную прочность.

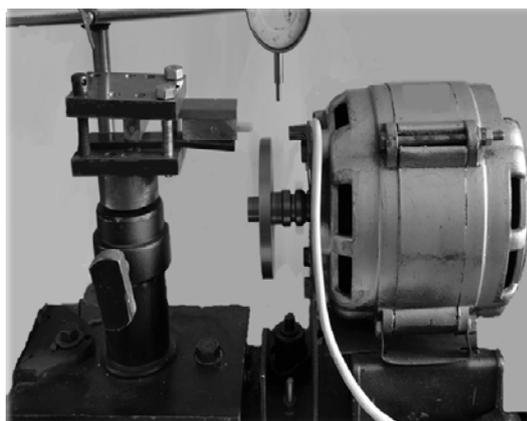
Цель работы: предложить методику проведения усталостных испытаний и оценки прочностных характеристик на примере двух ОК.

В первой ОК проводились доклинические испытания композитно-армированных штифтовых вкладок с различным числом армирующих элементов и диаметрами. Во второй части эксперимента испытаниям на усталостную прочность подвергалось винтовое соединение (ВС) ортопедической конструкции с опорой на дентальные имплантаты. В качестве опытных образцов в первой части эксперимента были изготовлены композитные цилиндры, армированные стекловолокном

штифтами разного количества и диаметра. Клиническим вариантам образцов соответствовали композитные культевые штифтовые вкладки (8 шт.) с различными параметрами армирующих элементов. Оценивали зависимость усталостной прочности культевых штифтовых вкладок от значения коэффициента армирования, числа армирующих стекловолоконных штифтов и их диаметра. Ведущим критерием предельного состояния приняли потерю структурной целостности образца при испытаниях.

На рис. 1, а показан фрагмент схемы штифтовой ОК в фиксаторе, расположенной в узле защемления настольного испытательного стенда, на рис. 1, б – экспериментальные данные зависимости усталостной прочности штифтовой конструкции (количество циклов нагружения N) от количества стекловолоконных штифтов и их диаметра.

а)



б)

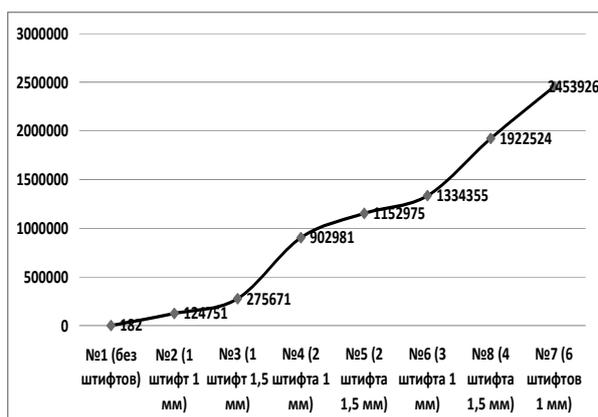


Рис. 1. Фрагмент схем установки фиксатора с расположенной в нем композитно-армированной штифтовой культевой вкладкой и нагружения ортопедической конструкции в узле защемления настольного испытательного стенда (а) и зависимость циклов N от числа армирующих элементов и их диаметра (б)

Во второй части эксперимента силовые нагрузки в ВС системы «дентальный имплантат – абатмент» направляли под разными углами ($\varphi = 45$ и $22,5^\circ$) к длинной оси дентального имплантата и моделирующих боковые движения нижней челюсти при жевании. Были разработаны, изготовлены и испытаны специальные носители-фиксаторы с расположенными в них дентальными имплантатами (4 шт.) размером $3,75 \times 11,5$ мм, в которых с помощью ВС устанавливались и фиксировались абатменты, на которые воздействовал силовозбудитель в виде подшипника качения. Для нагружения под $\varphi = 45^\circ$ применялся восьмигранник, при $\varphi = 22,5^\circ$ –

шестнадцатигранник. Оценка прочности соединения производилась путем фиксации N , измерения момента затяжки фиксирующих винтов динамометрическим ключом и измерения глубины ВС различных видов. На рис. 2, например, показаны конструкция носителя в форме восьмигранника, ОК и схема ее нагружения, а также результаты по влиянию увеличения N на изменение глубины винтового соединения.

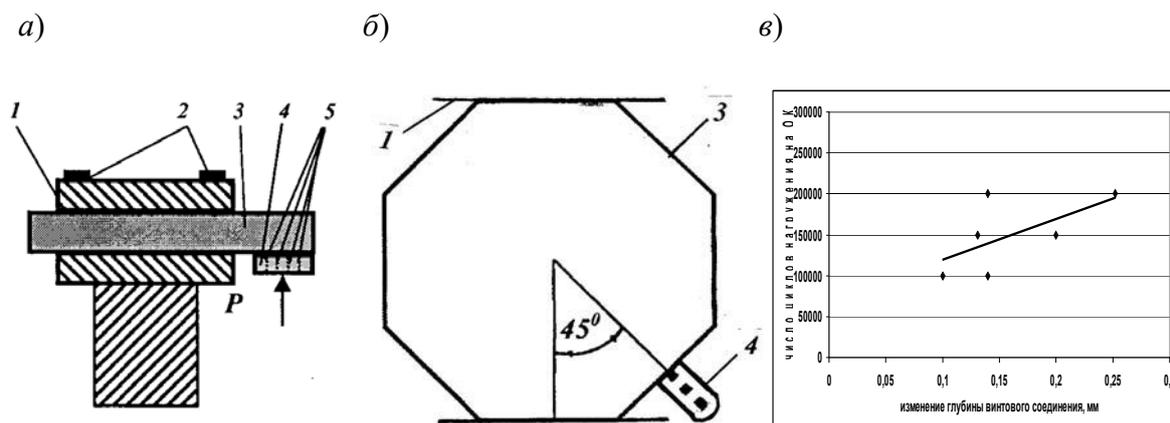


Рис. 2. Носитель и обойма с имплантатами в узле заземления стенда (а): 1 – узел заземления; 2 – болты крепления; 3 – носитель; 4, 5 – ортопедическая конструкция овальной формы; P – направление действия нагрузки; б – 8-гранный носитель с ОК; в – диаграмма зависимости глубины винтового соединения от циклов нагружения N

Таким образом, экспериментальная модель основана на применении предлагаемой технологии механических испытаний в комплекте с разработанными и изготовленными специальными фиксаторами и носителями; на примере двух экспериментов показали ее эффективность для оценки, контроля и регулирования усталостной прочности сложных и разнообразных конструкций в зависимости от поставленных задач.

УДК 681.7

БЕСКОНТАКТНАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РАЗМЕРНОГО КОНТРОЛЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В. Ф. ГОГОЛИНСКИЙ, А. А. АФАНАСЬЕВ, В. В. ИВАНОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Широкая номенклатура видов и типоразмеров неметаллических протяженных изделий (полимерная пленка, бумага и др.), которые характеризуются эластичностью, деформируемостью и немагнитными свойствами, предъявляет повышенные требования к метрологическим характеристикам средств контроля, особенно на стадии восприятия и преобразования измерительной информации.

Применение типовых контактных средств контроля ограничено структурой контролируемого материала, а также динамическим диапазоном, быстродействием и сложностью контрольно-измерительных операций.

Предлагается бесконтактная измерительная система автоматического контроля полимерной пленки, сочетающая первичный бесконтактный пневматический следящий преобразователь (БПСП) с оптико-электронным функциональным преобразованием (рис. 1).



Рис.1. Структурная схема измерительной системы

Она состоит из первичного преобразователя (ПП), бесконтактно взаимодействующего с объектом контроля (ОК), промежуточного оптико-электронного измерительного преобразователя (ОЭИП), в состав которого входит источник излучения, оптическая система и фотоприемник, микропроцессорный блок цифровой обработки (МБЦО) 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 МБЦО происходит преобразование информационного сигнала в электрический код и визуализация контролируемого параметра на Д.

УДК 621.314

ВЫЯВЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ В АВТОТРАНСФОРМАТОРАХ ПО КОМПЛЕКСУ ПАРАМЕТРОВ ВО ВРЕМЯ ИХ РАБОТЫ

Н. В. ГРУНТОВИЧ, Е. А. ЖУК

Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого
Гомель, Беларусь

Силовые трансформаторы являются одними из самых важных элементов в электрической сети, и их бесперебойная работа очень важна для работы всего силового оборудования.

Вибродиагностика позволяет обнаружить повреждения и устранить повреждение до выхода трансформатора из строя.

По частичным разрядам (ЧР) выявляются дефекты бумажно-масляной изоляции.

5 декабря 2019 г. выполнено вибродиагностирование и измерение ЧР двух автотрансформаторов АП «Салтановка», Гомельское отделение железной дороги.

Определение уровня вибрации выполнялось при помощи многоканального компьютерного вибродиагностического комплекса. Прибор предназначен для измерения вибрации (выявления дефектов) в энергетическом оборудовании во время его работы. Прибор состоит из восьми датчиков, устройства согласования и компьютера с программой записи и первичной обработки информации. Устройство согласования представляет собой усилитель заряда и АЦП. Каждый из модулей оснащен программируемым микроконтроллером. Диапазон полосы пропускания усилителя заряда 1...20000 Гц.

Измерения выполнялись в диапазоне частот от 10 до 5000 Гц.

Регистрация частичных разрядов проводилась прибором фирмы Siemens M 4202 (Lemke 05).

Уровень частичных разрядов измерялся в пикокулонах.

Измерения выполнялись в точках, где располагается обмотка, и у днища трансформаторов.

На рис. 1 показаны точки с уровнем повышенной вибрации (А', А, Б, В', В) и точки регистрации частичных разрядов в автотрансформаторе. Также выделена область с повышенным уровнем вибрации и частичных разрядов, в которой происходят ускоренные процессы износа бумажно-масляной изоляции и старения масла.

Виброграммы автотрансформаторов представлены на рис. 2.

Как следует из спектров вибрации, которые проявляются в трансформаторе АТ1 на частоте 3500...4500 Гц (пики), а в трансформаторе АТ2 – на частоте 3000 Гц, трансформаторы имеют одинаковый дефект.

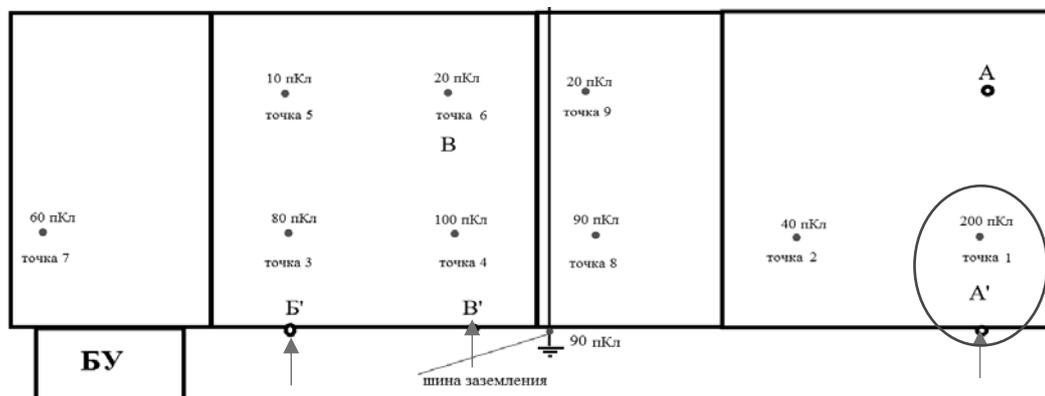


Рис. 1. Точки, где наблюдался повышенный уровень вибрации в автотрансформаторе

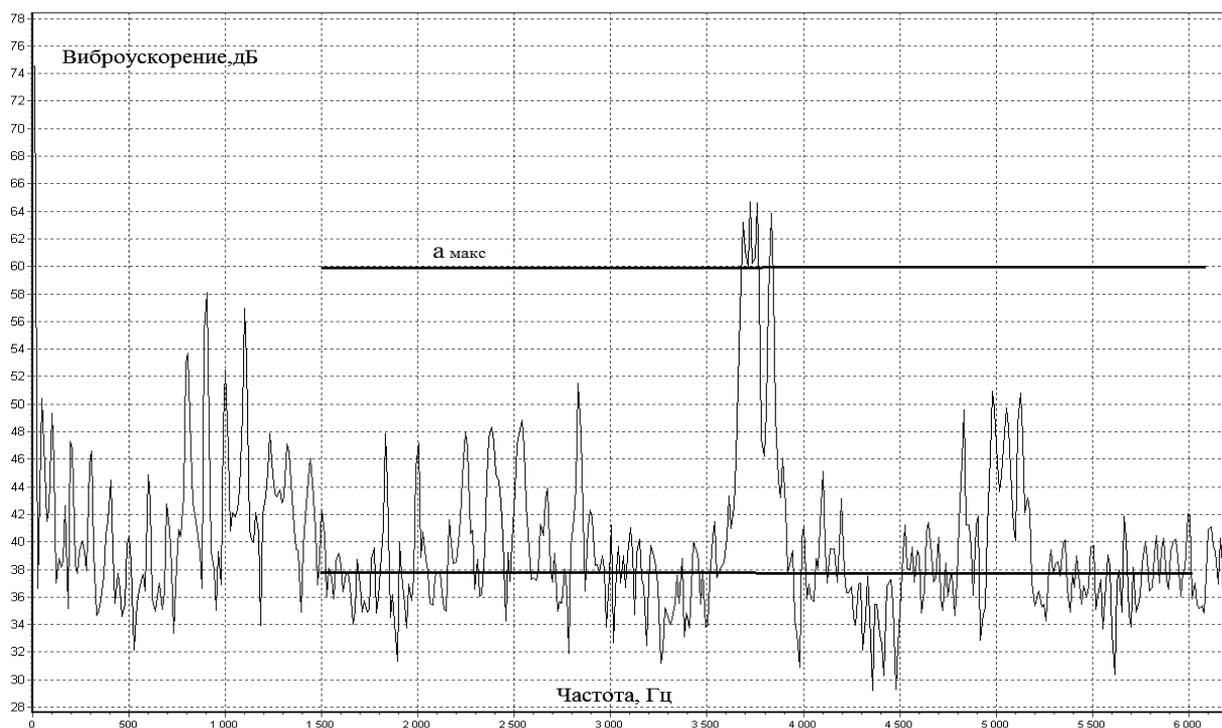


Рис. 2. Виброграммы автотрансформаторов

После регистрации частичных разрядов было выявлено, что максимальное значение ЧР двух автотрансформаторов находится в нижней части бака трансформатора.

Совмещение области повышенной вибрации бака автотрансформатора и повышенного уровня частичных разрядов позволило определить место дефекта в баке трансформатора.

УДК 621.317.39.084.2

ИНДИКАТОР КАЧЕСТВА ПРОМЫШЛЕННЫХ МАСЕЛ

А. А. ДЖЕЖОРА, В. А. ЖИЗНЕВСКИЙ, Ю. А. ЗАВАЦКИЙ
Витебский государственный технологический университет
Витебск, Беларусь

В промышленности масла играют важную роль. Они используются в качестве смазки и напрямую влияют на надежность машин и механизмов. В электроэнергетике трансформаторные масла используют как изоляторы высоковольтного оборудования, трансформаторов. Работа гидравлических систем напрямую зависит от качества гидравлических жидкостей. В пищевой промышленности растительные масла влияют на здоровье потребителей. В силу разных причин с течением времени масла неизбежно деградируют, теряют свои свойства и характеристики. Эти ухудшения связаны с увеличением кислотности, повышением температуры (обычно наивысшей рабочей температурой масла считают 95 °С), воздействием света, соприкосновением с катализаторами старения масел (медь, железо, свинец), влажностью воздуха и др.

Экспериментально установлено, что такое старение вызывает изменение проводимости и диэлектрической проницаемости. Следующим шагом на пути к непосредственному определению начала деградации масла является разработка температурно-независимого, точного и надежного емкостного чувствительного индикатора, выполненного по

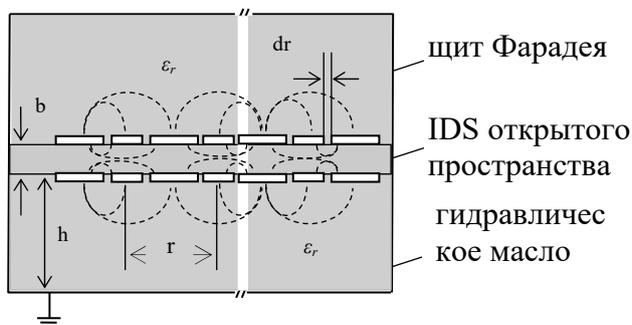


Рис. 1. Зеркально симметричные IDS открытого пространства со щитом Фарадея

технологиям изготовления печатных плат не ниже четвертого класса точности на одной подложке с низким температурным коэффициентом расширения, не адсорбирующим масла. Для этого были разработаны зеркально-симметричные гребенчатые диэлектromетрические сенсоры (interdigitated dielectrometry sensors (IDS), выполненные на стеклотекстолите FR-4 (рис. 1). Эти ячейки служат для определения параметров масла, таких как относительная диэлектрическая проницаемость ϵ_r , проводимость или тангенс угла потерь $tg\delta$. Известно, что действующие стандарты, с учетом ГОСТ 6581–75, определяют процедуру измерения ϵ_r для контроля состояния масел. Также известно, что значение ϵ_r масел увеличивается с увеличением времени обслуживания. Таким образом, измерения ϵ_r позволяют определять деградацию масел в реальном режиме времени и осуществлять их мониторинг.

Однако такой процесс определения качества масел является трудо-

емким и не всегда возможным. Для его реализации требуются очень точные и чувствительные приборы, плоскопараллельные конденсаторные ячейки (Maxwell). Сами лаборатории должны обеспечивать защиту от внешних электромагнитных воздействий. Для устранения этих неудобств и были разработаны зеркально-симметричные IDS, созданы их математические модели. Они позволили провести обоснованный выбор конструкций и параметров сенсоров открытого типа, определить метрологические характеристики измерительных устройств, решить вопрос технической осуществимости рассматриваемых задач. Численные расчеты были проведены в среде MAPLE. На рис. 2 представлены результаты моделирования для определения оптимальных размеров сенсора.

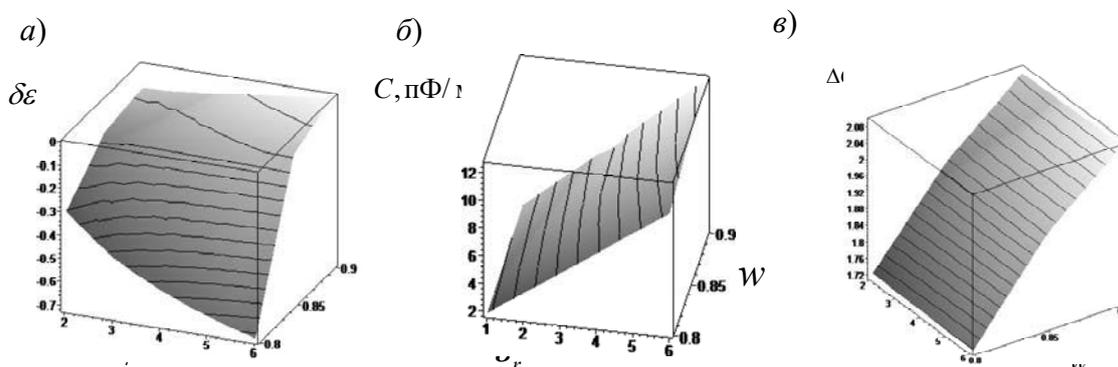


Рис. 2. Зависимости относительной ошибки $\delta\epsilon_r, \%$ (а), емкости на единицу длины электродов $C, \text{пФ/л}$ (б), и чувствительности $\Delta C / \Delta\epsilon_r, \text{пФ/м}$ (в), для IDS открытого пространства со щитом Фарадея от величины ϵ_r и металлизации сенсора W при $r/b=10, h/r=5$

Измерения значений относительной диэлектрической проницаемости ϵ_r для новых масел на частоте 500 Гц посредством иммитанса E7-20 дали следующий результат:

- гидравлическое масло марки Esso Nuto H 46 – $\epsilon_r = 2,045$;
- промышленное масло марки И-40А – $\epsilon_r = 2,1$; ЭКС-А – $\epsilon_r = 2,125$.

Для отработанных, старых масел значения диэлектрической проницаемости ϵ_r на частоте 500 Гц:

- гидравлическое масло марки Esso Nuto H 46 – $\epsilon_r = 2,09$;
- промышленное масло марки И-40А – $\epsilon_r = 2,25$.

Установлено: в течение срока службы масел увеличение ϵ_r составляет от +5 до +10 %.

Зеркально-симметричные сенсоры IDS обладают рядом достоинств. Во-первых, позволяют определять ϵ_r согласно классическому выражению для плоского конденсатора Maxwell, во-вторых, за счет охранных электродов и щита Фарадея снизить отношение сигнал–шум, убрать паразитные емкости, в-третьих, минимизировать размеры индикаторов качества масел и осуществить удаленный мониторинг.

УДК 621.317.39.084.2

ПРИМЕНЕНИЕ СЕНСОРОВ ОТКРЫТОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОМЫШЛЕННЫХ МАСЕЛ

А. А. ДЖЕЖОРА, Ю. А. ЗАВАЦКИЙ, В. А. КОВАЛЕНКО
Витебский государственный технологический университет
Витебск, Беларусь

С течением времени масла теряют свои физико-механические и химические свойства.

Значения относительной диэлектрической проницаемости ϵ_r масел с течением времени обслуживания увеличивается. Процедура измерения ϵ_r для контроля состояния масел определена ГОСТ 6581–75. Измерения ϵ_r проводятся посредством плоскопараллельной конденсаторной ячейки

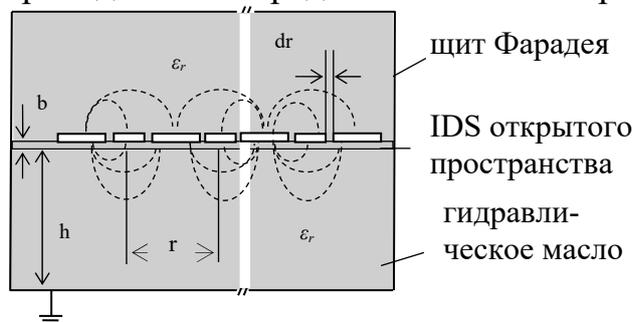


Рис. 1. Сечение IDS открытого пространства со щитом Фарадея

(Maxwell). Для определения начала старения масел были предприняты попытки разработки точных и надежных емкостных сенсоров, выполненных по технологиям изготовления печатных плат не ниже четвертого класса точности на одной подложке. Материал подложки должен обладать низким

температурным коэффициентом расширения, не адсорбировать масла и влагу. Для этого были разработаны конструкции гребенчатых диэлектрических сенсоров (interdigitated dielectrometry sensors (IDS)), выполненных на стеклотекстолите FR-4. Одна из конструкций представлена на рис. 1. Конструкция представляет собой систему чередующихся высокопотенциальных и низкопотенциальных ленточных электродов, разделенных охранными электродами. Такая конструкция сенсора устраняет паразитные внешние наводки электромагнитных полей, максимально использует соотношение сигнал – шум. Емкость IDS зависит от десятка параметров: ширины и длины электродов, их толщины, межэлектродных зазоров, толщины материала подложки, её относительной диэлектрической проницаемости ϵ_s , диэлектрических свойств контролируемых масел, расстояния до заземленных экранов, числа секций, образующих сенсор. Для измерения диэлектрической проницаемости ϵ_r контролируемого масла была поставлена задача определения такой конструкции сенсора, которая бы позволила проводить расчеты относительной диэлектрической проницаемости ϵ_r с помощью классической формулы для плоского конденсатора с погрешностью не более 0,3 %. Для решения поставленной задачи было проведено численное моделирование

конструкции IDS, представленной на рис. 1. Математическое моделирование осуществлялось посредством метода зеркальных отображений, метода интегральных отображений, зеркально симметричных схем в среде MAPLE. Результаты моделирования для определения оптимальных размеров сенсора приведены на рис. 2.

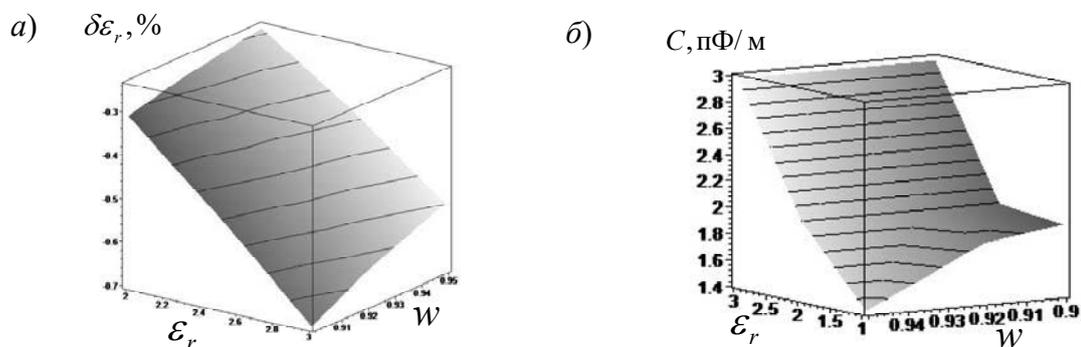


Рис. 2. Зависимости относительной ошибки $\delta\epsilon_r, \%$ (а), и емкости на единицу длины электродов C , пФ/м (б), для IDS открытого пространства со щитом Фарадея от величины ϵ_r и металлизации сенсора w при $r/b = 5/0,3$, $h/r = 4$

Чувствительность, точность, емкость сенсора зависят от правильного выбора соотношения r/b , металлизации поверхности сенсора, диапазона контролируемых масел [1]. Эти соотношения будут изменяться с изменением материала подложки. Изменения диэлектрической проницаемости подложки приводят к новым соотношениям для r/b , при которых достигается максимально возможная точность определения диэлектрической проницаемости ϵ_r контролируемого масла.

Оптимальное соотношение для подложки из FR-4 $r/b = 50/3$, металлизация сенсора $w = 0,92$.

Измерения значений относительной диэлектрической проницаемости ϵ_r масел проводилось на частоте 500 Гц посредством иммитанса E7-20. Установлено, что в течение срока службы масел увеличение ϵ_r составляет от +5 до +10 %, а именно: для промышленного масла марки И-40А $\epsilon_r = 2,1$, а для отработанного масла марки И-40А $\epsilon_r = 2,25$.

Сенсоры IDS обладают рядом достоинств. Во-первых, позволяют определять ϵ_r согласно классическому выражению для плоского конденсатора Махвелл, во-вторых, за счет охранных электродов и щита Фарадея дают возможности снизить соотношение сигнал–шум, убрать паразитные емкости, в-третьих, минимизировать размеры индикаторов качества масел и осуществлять удаленный мониторинг.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Interdigitated sensors: A design principle for accurately measuring the permittivity of industrial oils / A. Risos, N. Long, A. Hunze, G. Gouws // IEEE Sensors Journal. – 2017. – Vol. 17, № 19. – P. 6232–6239.

УДК 620.179.14

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОТПУСКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ
СТАЛИ У8А ПО ИНДУКЦИОННЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

З. М. КОРОТКЕВИЧ, В. А. БУРАК

Институт прикладной физики НАН Беларуси
Минск, Беларусь

Основными информативными параметрами, используемыми при импульсном магнитном контроле структуры и качества проведенной термообработки, которая во многом определяет структурное состояние изделий из ферромагнитных материалов, являются коэрцитивная сила H_c и остаточная магнитная индукция B_r . Для задач неразрушающего контроля многих марок сталей, к которым относится и инструментальная углеродистая сталь У8А, эти параметры малоэффективны ввиду низкой чувствительности или отсутствия однозначной связи со структурным состоянием, поэтому задача выявления параметров, пригодных для магнитной структуроскопии сталей, является актуальной.

Изделия из стали У8А для получения необходимой структуры и, соответственно, эксплуатационных свойств подвергаются закалке с последующим отпуском [1]. Особенностью контроля качества отпуска изделий из инструментальных углеродистых марок сталей является необходимость контролировать широкий диапазон изменений температур отпуска, при помощи которого получают требуемое для того или иного инструмента сочетание механикопрочностных характеристик.

Исследования проводились на цилиндрических образцах из стали У8А диаметром 10 мм и длиной 190 мм, закаленных от 790 °С в воду и после отпущенных при 230, 280, 300, 330, 380, 470, 580 °С в течение 1 ч с охлаждением образцов на воздухе.

Намагничивание образцов стали У8А импульсами магнитного поля длительностью 400 мс с амплитудами $H_1 \approx 40$ кА/м и $H_2 \approx 15$ кА/м в разомкнутой цепи в проходном датчике и построение несимметричной петли магнитного гистерезиса осуществлялись при помощи прибора ИМИ-И. Эксперимент и информативные параметры, взятые на петле магнитного гистерезиса, подробно описаны в [2].

На рис. 1 представлены зависимости от температуры отпуска индукционных характеристик, взятых по несимметричной петле магнитного гистерезиса, полученной при импульсном намагничивании в разомкнутой цепи.

Как видно из рис. 1, максимальная магнитная индукция B_m почти не меняет своих значений, ее чувствительность к изменению температуры отпуска стали У8А не превышает 2 % на 100 °С.

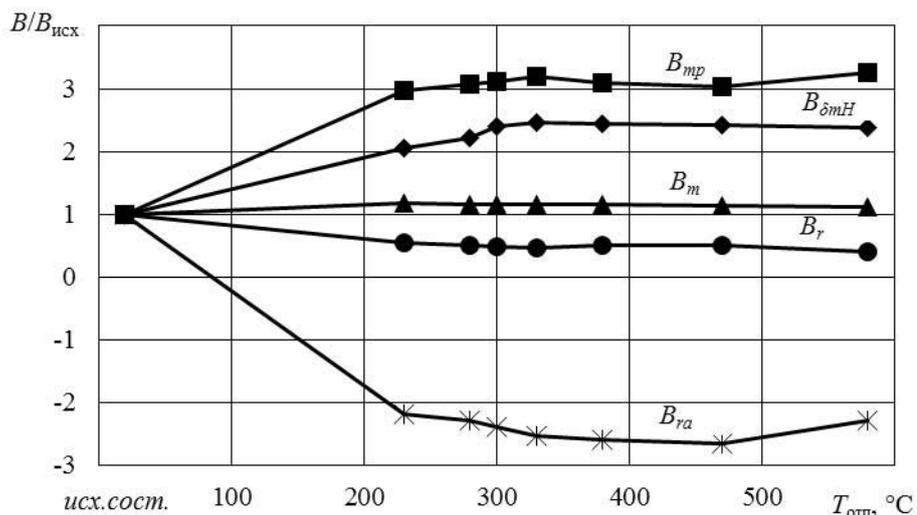


Рис. 1 Зависимость индукционных характеристик стали У8А от температуры отпуска

Остальные рассмотренные для оценки возможности неразрушающего магнитного контроля качества отпуска индукционные характеристики однозначно изменяются с ростом температуры отпуска до 330 °С: остаточная магнитная индукция B_r , остаточная магнитная индукция по несимметричной петле B_{ra} уменьшаются, а магнитная индукция B_{mp} при максимальной амплитуде размагничивающего импульса и магнитная индукция $B_{\delta mH}$ при напряженности магнитного поля, соответствующего максимальной разности δ_{mH} , вдоль оси H увеличиваются. При повышении температуры отпуска для вышеуказанных величин, связанных с магнитной индукцией, наблюдается неоднозначная зависимость.

Полученные результаты показывают, что для инструментальной углеродистой стали У8А осуществлять контроль температуры отпуска в широком диапазоне по индукционным характеристикам затруднительно, однако возможен контроль низкотемпературного, до 350 °С, отпуска с достаточно высокой точностью по таким характеристикам, как остаточная магнитная индукция по несимметричной петле B_{ra} и магнитная индукция $B_{\delta mH}$ при напряженности магнитного поля, соответствующего максимальной разности δ_{mH} , вдоль оси H .

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лахтин, Ю. М. *Материаловедение* / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – Москва: Машиностроение, 1980. – 493 с.
2. Короткевич, З. М. Особенности контроля качества термообработки изделий из стали У8А при двухполярном несимметричном импульсном намагничивании / З. М. Короткевич, В. А. Бурак // *Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук.* – 2019. – Т. 64, № 4. – С. 398–405.

УДК 620.179.14
 ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПЕРЕХОДНОГО СЛОЯ НА ДОСТОВЕРНОСТЬ
 КОНТРОЛЯ УПРОЧНЕННЫХ СЛОЕВ МАГНИТНЫМ МЕТОДОМ

В. Н. КУЛАГИН, А. С. СЧАСТНЫЙ, А. А. ОСИПОВ
 Институт прикладной физики НАН Беларуси
 Минск, Беларусь

Одной из возможностей повышения эксплуатационных качеств выпускаемой продукции является использование упрочненных слоев, важной задачей выступает контроль их толщины. Разрушающие методы при использовании более надежны и объективны, но их применение трудоемко, требует больших затрат средств и значительного времени [1].

Широкое распространение получили различные методы неразрушающего контроля [1], одним из которых является импульсный магнитный метод. Часто считают, что, например, при ТВЧ-закалке переходная зона между слоями не вносит принципиальных особенностей в параметры контроля [1]. Тем не менее для разных неразрушающих методов степень значимости переходной зоны может заметно различаться, поэтому та или иная оценка ее влияния на параметры контроля является важным фактором, обеспечивающим надежность выпускаемой продукции.

Исследования проводились на пакете пластин с неизменными внешними размерами: толщиной 5 мм, шириной 20 мм и длиной 180 мм. Толщина магнитомягкого слоя изменялась от 0 до 4 мм, причем его коэрцитивная сила H_c была на порядок больше ее значения для магнитомягкого слоя, а H_c переходного слоя имела промежуточное значение (рис. 1).

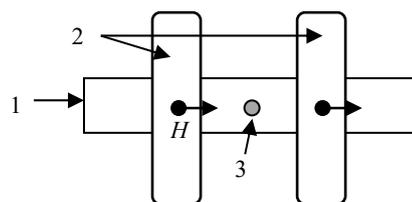


Рис. 1. Схема расположения набора образцов, намагничивающих катушек и измерителя градиента магнитного поля: 1 – набор образцов; 2 – прямоугольные намагничивающие катушки; 3 – феррозонд, состоящий из двух расположенных параллельно над поверхностью полузондов, или датчик ИМА-4М

Рассмотрено три варианта компоновки пакетов разных пластин: А – без переходного слоя, когда изменялась толщина магнитомягкого и магнитомягкого слоев; Б – без переходного слоя, когда изменялась толщина магнитомягкого и промежуточного слоев (без магнитомягкого слоя); В – неизменной оставалась толщина переходного слоя, которая была равна 1 мм, а изменялась толщина магнитомягкого и магни-

томягкого слоев.

Исследования проводились следующим образом. Сперва намагничивание осуществлялось с использованием прибора ИМА-5Б, как и в [2], прямоугольными катушками, имеющими размеры $100 \times 35 \text{ мм}^2$, а расстояние между их центрами было равно 100 мм. Затем выполнялось намагничивание и измерение прибором ИМА-4М (см. рис. 1).

На рис. 2 представлены результаты измерения для трех упомянутых выше вариантов компоновки пакетов А-В.

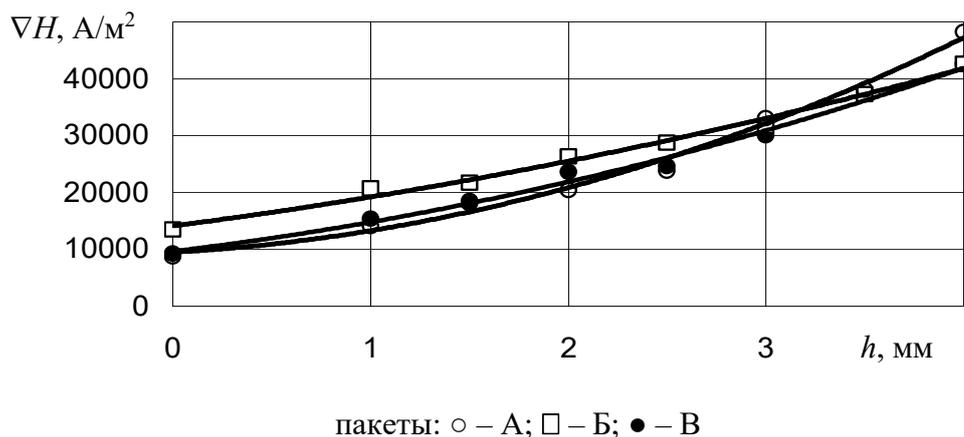


Рис. 2. Изменение величины градиента остаточного магнитного поля от толщины упрочненного слоя для трех вариантов пакетов пластин А-В

Из рисунка видно, что зависимости для пакетов А и Б существенно различны. Тем не менее зависимости для пакетов Б и В почти совпадают для малых значений упрочненного слоя, то есть даже при толщине переходного слоя 1 мм, что составляет 20 % от всей толщины пакета; наличие переходного слоя мало влияет на результаты контроля.

Следовательно, при применении импульсного магнитного метода и в аналогичных случаях с переходным слоем можно упрощенно ограничиваться использованием некоторого эффективного значения упрочненного слоя. Для других методов и практических задач влияние переходного слоя может быть более существенно.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Использование дифференциальной магнитной проницаемости для контроля качества поверхностного упрочнения / Э. С. Горкунов, Б. М. Лапидус, А. В. Загайнов, С. А. Воронов, Г. Я. Бушмелева // Дефектоскопия. – 1988. – № 7. – С. 7–13.

2. Счастный, А. С. Исследование возможности контроля анизотропии листового проката / А. С. Счастный, А. А. Осипов // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2014. – № 3. – С. 20–33.

УДК 620.179.14

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬНЫЙ ОБРАЗЕЦ
ДЛЯ МАГНИТОГРАФИЧЕСКОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ

А. В. КУШНЕР, А. В. ШИЛОВ, В. А. НОВИКОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Перед проведением магнитографической дефектоскопии стыковых сварных соединений производят настройку дефектоскопа по контрольной магнитограмме, полученной с помощью испытательного образца. Испытательные образцы стыковых сварных швов должны быть изготовлены для каждой толщины стенки и марки стали и сварены тем же методом и по той же технологии (сварочные электроды, проволока, флюс, режим сварки), что и стыковые швы, качество которых подлежит контролю магнитографическим методом [1].

Существенным недостатком испытательного образца является то, что он не учитывает сильное влияние на чувствительность метода контроля размеров выпуклости шва, т. к. стандарт на сварку допускает изменение ширины и высоты выпуклости шва в широких пределах. Например, согласно ГОСТ 8713–79, при толщине свариваемых деталей 5...6 мм высота выпуклости шва (условное обозначение С4) может изменяться от 0,5 до 2,5 мм, а ее ширина – от 8 до 16 мм. Таким изменениям размеров выпуклости шва соответствуют вариации радиуса ее кривизны, который тесно коррелирует с чувствительностью магнитографического метода контроля, в пределах от 3,2 до 64 мм. По этой причине практически на каждый сварной шов контролируемого изделия нужно изготовить свой испытательный образец и изготовить эталонную магнитную ленту, что снижает производительность и экономичность контроля.

Разработан контрольный образец, который позволяет оперативно оценивать влияние параметров выпуклости шва на чувствительность магнитографического контроля. Он изготовлен в виде двух пластин, соединенных швом с монотонно изменяющимся радиусом кривизны выпуклости шва. В корне шва контрольный образец содержит искусственные или естественные дефекты сплошности, соответствующие минимальному браковочному уровню.

Покажем, что при дефектоскопии можно создать условия, при которых тангенциальные составляющие результирующих полей на поверхностях швов контролируемого объекта и контрольного образца будут одинаковыми. Сравнение математических выражений суперпозиций тангенциальных составляющих результирующих полей $H_{\tau p}$ на поверхностях контрольного образца и контролируемого изделия, содержащих одинаковые дефекты, расположенные на одинаковой глубине от поверх-

ности сварного шва, показывает, что они будут одинаковыми, если равны напряженности полей $H_{ош}$, действующие на дефект, и радиусы кривизны выпуклостей швов контрольного образца и контролируемого изделия. Легко выполнить остальные условия. Так, равенство магнитных проницаемостей материалов швов, дефектов и окружающих сред, глубин расположения дефектов ρ_y следуют из принятого допущения. Известно также, что $H_{ош}$ будут равны, если одинаковы тангенциальные составляющие суперпозиции магнитных полей $H_{тп}$ на поверхностях бездефектных швов контрольного образца и объекта контроля. Последнее легко выполняется путем подбора напряженности поля на поверхности выпуклости бездефектного контрольного образца в том месте, где радиус кривизны выпуклости шва равен радиусу кривизны выпуклости шва контролируемого объекта.

Так как сварные швы, имеющие одинаковые радиусы кривизны выпуклостей швов в плоскостях их симметрии, могут иметь разную ширину, то тождественность $H_{тп}$ на поверхностях швов будет только в плоскостях их симметрии и в пределах их окрестностей $-2...3 \leq x \leq +2...3$ мм. Это достаточно хороший результат, т. к. около 90 % дефектов в стыковых сварных соединениях находятся в плоскостях симметрии швов.

Таким образом, для получения контрольной магнитограммы используют два образца с монотонно изменяющимися радиусами кривизны валиков швов: один без дефектов, а второй с дефектом, соответствующим минимальному браковочному уровню, в корне шва. Сначала на бездефектном образце с помощью проградуированного в однородном магнитном поле бесконечно длинного соленоида ленточного локального магнитоносителя подбирают рабочий режим намагничивания (в том месте, где радиус кривизны выпуклости шва контрольного образца равен радиусу кривизны выпуклости шва контролируемого изделия). При этом режиме контролируют сварной шов объекта, а также сварной шов контрольного образца, получая контрольную магнитограмму, по которой настраивают дефектоскоп. Если амплитуда сигнала, обусловленного дефектом контролируемого шва, превышает амплитуду сигнала, полученного для сечения контрольного образца, где $R_{шва\ к\ обр} = R_{шва\ изд}$, то дефект считают недопустимым.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **ГОСТ 25225–82.** Контроль неразрушающий. Швы сварных соединений трубопроводов. Магнитографический метод. – Москва: Изд-во стандартов, 1983. – 22 с.: ил.

УДК 620.179.16

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫЯВЛЕНИЯ
ДЕФЕКТОВ СЦЕПЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Н. В. ЛЕВКОВИЧ¹, А. Р. БАЕВ², М. В. АСАДЧАЯ², О. С. СЕРГЕЕВА³¹Белорусский государственный университет²Институт прикладной физики НАН Беларуси

Минск, Беларусь

³Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Работа направлена на повышение эффективности ультразвукового контроля неразъемных соединений, выполненных сваркой, пайкой и другими способами, что достигается выбором условий ввода-приема упругих волн (УВ), рассеянных при пересечении пятном акустического луча границы бездефектной S_B и дефектной S_D поверхностей. При этом углы ввода и приема УВ выбирают таким образом, чтобы обеспечить максимальный фазовый сдвиг ϕ между рассеянными дефектной S_D и бездефектной S_B поверхности волнами. На первом этапе исследований в рамках классических представлений проведен расчет полей рассеяния УВ при перемещении пятна акустического луча через границу полубесконечного дефекта (рис.1) и при наличии фазового сдвига между рассеянными волнами, варьируемого в диапазоне $|\phi| = \pi/4 - \pi$.

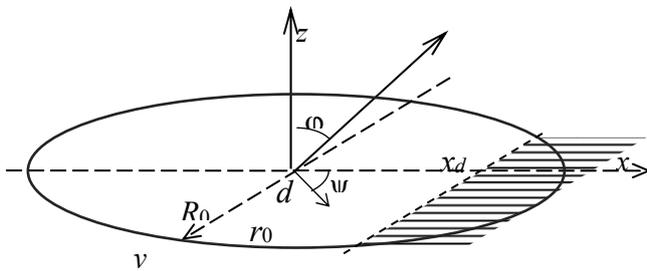


Рис. 1. К расчету поля рассеяния от граничной поверхности сцепления материалов с дефектом в виде круглого пятна и бесконечной полуплоскости

Согласно данной постановке задачи, результирующее поле рассеяния УВ представлено в виде суперпозиции полей трех мнимых источников, каждое из которых описывается интегральным выражением

$$A = A_0 + A_{D1} + A_{D2} = A_{00}[S_0 K_{R0} F_0(\psi, \phi, \dots) + A_{00} S_{D1} K_D F_D(\psi, \phi, \phi, \dots) - A_{00} S_D K_D F_{01}(\psi, \phi, \dots)],$$

где A_{00} – амплитуда падающего на границу сред акустического пучка (АП), A_0 – поле рассеяния в дальней зоне при падении луча УЗК на поверхность $S \subset S_0$, A_{D1} и A_{D2} – поля рассеяния УЗК от дефектной поверхности S_D , F_0 , F_{01} , F_D – нормализованные интегральные функции, $F_{01} \equiv F_0$ для области интегрирования $S \subset S_D$.

Приведенные на рис. 2 и 3 данные по эволюции полей рассеяния убедительно свидетельствуют о новых возможностях повышения чувствительности измерений. Это достигается за счет выбора именно пары угловых параметров ϕ^* и ψ^* , при которых изменение относительной амплитуды рас-

сеянного сигнала $\Delta A^* = (A - A_0)/A_0$ при перемещении пятна лазерного луча может достигать десятков децибел, где A_0 – опорный сигнал, лежащий в окрестности экстремумов первого порядка, что следует из данных на рис. 2 и 3. Интересно, что зависимости $\Delta A^*(\psi)$ при заданных φ^* представляют осцилляционные кривые, период которых при $\varphi = \pm\pi$ не зависит от величины фазового сдвига. Однако, если $\varphi \neq \pm\pi$, а в качестве опорного сигнала использовать первый боковой максимум диаграммы направленности (ДН), то характер осцилляции функции $\Delta A^*(\psi)$ и ее период изменятся.

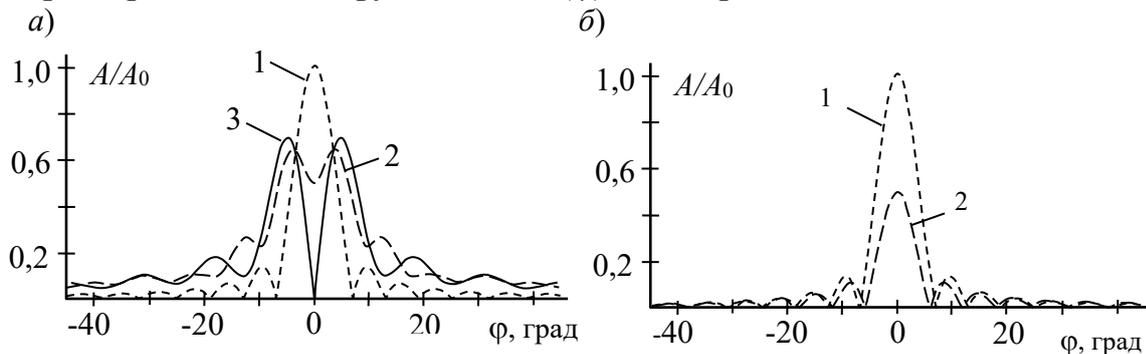


Рис. 2. Изменение поля рассеяния УВ в плоскости сечения ДН, характеризуемой экваториальным углом ψ , от положения границы полубесконечного дефекта $x_0 = d$ при фазовом сдвиге $\varphi = \pi$: $\psi = 0$ (а), 90 (б); $x_a = x_0/d = 1$ (1), $0,4$ (2), 0 (3)

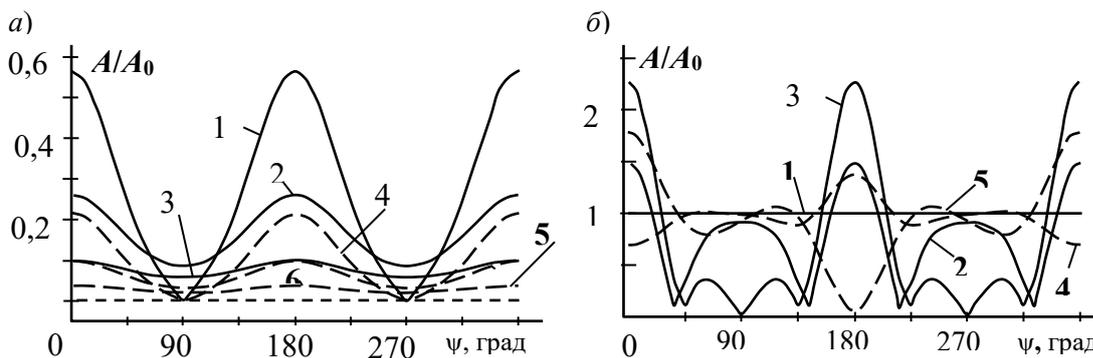


Рис. 3. Амплитуда минимума (а) и максимума (б) первого порядка поля рассеяния УВ от положения границы полубесконечного дефекта относительно центра пятна акустического луча: фазовый сдвиг φ , рад = π (1–3); $\theta = \pi/4$ (4–6); $x_a = x/a = 0$ (1, 3); $0,6$ (2, 4); $0,8$ (3, 6); б – $\varphi = \pi$ (1–3); $\theta = \pi/4$ (1, 4, 5); $x_a = x/a = 1$ (1); $0,5$ (2, 4); 0 (3, 5)

Результаты экспериментальных исследований, выполненных применительно к рассеянию поверхностных волн от дискретной границы сцепления стали с образцом дюралюминия длиной 35 мм и при $\varphi \approx \pi/2$, показали, что величина ΔA^* может достигать до 35...40 дБ, а это согласуется с расчетами.

Необходимо отметить перспективность использования предлагаемого метода для контроля качества сцепления полимерных и порошковых покрытий на стальных объектах, паяных баббитовых покрытий на латунном, чугуном основании подшипников скольжения, а также обнаружения подповерхностных дефектов в объектах с грубо обработанной поверхностью и высоким затуханием звука (например, в чугунах).

УДК 535.243:535:3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИСПЕРСИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ПЛАСТИНЫС. С. МИХЕЕВ¹, А. Б. СОТСКИЙ¹, Л. И. СОТСКАЯ²¹Могилевский государственный университет имени А. А. Кулешова²Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Контроль параметров плоскопараллельных структур методом спектрофотометрии широко распространен в оптике, микроэлектронике и физике полимеров. В ряде приложений встречается проблема спектрофотометрического определения дисперсии комплексного показателя преломления $n(\lambda) = n_s(\lambda) - ik_s(\lambda)$ плоскопараллельной пластины. Ее решение осложнено тем, что при обычно выполняющемся условии

$$d \gg \lambda^2 (2\chi n_s \Delta\lambda)^{-1}, \quad (1)$$

где d – толщина пластины; $\chi = \sqrt{n_s^2 - \varepsilon_a \sin^2 \theta}$; ε_a – диэлектрическая проницаемость окружающей среды; θ – угол падения излучения на пластину; $\Delta\lambda$ – полуширина аппаратной функции спектрофотометра, существенное значение имеет степень когерентности излучения.

В статье представлено аналитическое решение обратной задачи спектрофотометрии плоскопараллельной пластины, учитывающее частичную когерентность зондирующего света, основанное на обработке экспериментальных отражательной $R(\lambda)$ и пропускательной $T(\lambda)$ способностей пластины при использовании волн s поляризации. Представлен пример определения спектров $n_s(\lambda)$ и $k_s(\lambda)$ для пластины из технического стекла.

Строгий расчет функций $R(\lambda)$ и $T(\lambda)$ предполагает интегрирование квадратов модулей амплитудных коэффициентов отражения и прохождения монохроматическим светом в произведении с аппаратной функцией спектрофотометра. При выполнении (1) соответствующие интегралы допускают асимптотический анализ, результаты которого имеют вид

$$R(\lambda) = |r|^2 [1 + (1 - 2\operatorname{Re}r^2) |\exp(-2ikd)|^2] [1 - |r^2 \exp(-2ik_{ys}D)|^2]^{-1}; \quad (2)$$

$$T(\lambda) = |\exp(-ikd)|^2 (1 + |r|^4 - 2\operatorname{Re}r^2) [1 - |r^2 \exp(-2ikd)|^2]^{-1}; \quad (3)$$

$$r = (n_a \cos \theta - \sqrt{(n_s - ik_s)^2 - n_a^2 \sin^2 \theta}) (n_a \cos \theta + \sqrt{(n_s - ik_s)^2 - n_a^2 \sin^2 \theta})^{-1};$$

$$k = k_0 \sqrt{(n_s - ik_s)^2 - n_a^2 \sin^2 \theta},$$

где $k_0 = 2\pi\lambda^{-1}$.

При условии $k_s \ll 1$ из (2) и (3) получаем:

$$n_s = n_a \sqrt{\sin^2 \theta + [(1 + \sqrt{\rho})(1 - \sqrt{\rho})^{-1} \cos \theta]^2}; \quad (4)$$

$$k_s = -\chi \ln \{ [R(\lambda) - \rho][T(\lambda)\rho]^{-1} \} (2n_s k_0 d)^{-1}; \quad (5)$$

$$\rho = -0.5F - \sqrt{0.25F^2 - R(\lambda)[2 - R(\lambda)]^{-1}};$$

$$F = \{ [R(\lambda) - T(\lambda) - 1][R(\lambda) + T(\lambda) - 1] - 2 \} [2 - R(\lambda)]^{-1}.$$

Решение (4), (5) использовано для определения дисперсионных характеристик плоскопараллельной пластины из технического стекла толщиной $d = 2,14$ мм с поверхностью, обработанной ионным травлением и предназначенной для использования в качестве подложки для солнечных элементов. Измерения спектров $R(\lambda)$ и $T(\lambda)$ выполнены с шагом 2 нм при двух углах падения $\theta = 8^\circ$, $\theta = 40^\circ$ и полуширине аппаратной функции $\Delta\lambda = 2$ нм на спектрофотометре Photon RT («ЭссентОптикс», Беларусь). Спектры $n_s(\lambda)$ и $k_s(\lambda)$, восстановленные на основании (4), (5), приведены на рис. 1. Здесь окружности относятся к $n_s(\lambda)$, треугольники – к $k_s(\lambda)$, сплошные кривые – интерполяция дискретных данных полиномами 9-й степени.

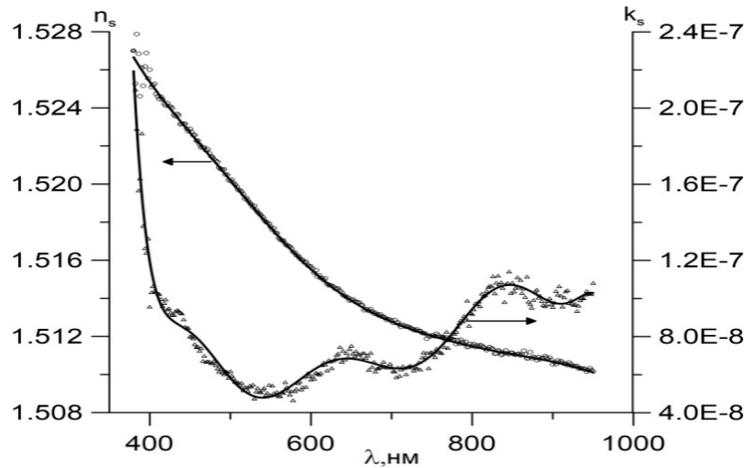


Рис. 1. Восстановленные спектры показателей преломления и поглощения стеклянной пластины

Корректность полученного решения подтверждена численными расчетами.

Работа выполнена при поддержке ГПНИ Республики Беларусь «Фотоника, опто- и микроэлектроника 1.3.03».

УДК 584.86
 ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ХИМСОСТАВА И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ
 СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ МАРКИ 08ПС
 НА ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

А. С. НИКИТИН, С. С. СЕРГЕЕВ
 Белорусско-Российский университет
 Могилев, Беларусь

В целях комплексных сравнительных исследований физико-механических свойств листовой конструкционной стали марки 08пс, на ОАО «Минский автомобильный завод» – управляющая компания холдинга «БЕЛАВТОМАЗ» были отобраны оцинкованные листы 08пс ТУ 14-105-744–2005 с удовлетворительной обрабатываемостью (образец 1) и с плохой обрабатываемостью (образец 2). Сравнительная оценка обрабатываемости производилась центральной заводской технологической лабораторией совместно с представителями производства ОАО «МАЗ» при утверждённых нормах технологического процесса механической обработки листовой конструкционной стали марки 08пс.

Определение химического состава образцов производилось на спектрометре фирмы «Beard». Результаты химического анализа материала листов приведены в табл. 1.

Табл. 1. Химический состав представленных образцов

Номер образца	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Al
1	0,04	0,01	0,15	0,007	0,009	0,03	0,02	0,04	0,03
2	0,02	0,01	0,11	0,009	0,004	0,02	0,02	0,02	0,04

Исследованием установлено по химическому составу материал образцов 1 и 2 соответствует стали 08пс ТУ 14-105-744–2005.

Оценка структуры производилась на металлографическом комплексе, на базе микроскопа МИ-1 по ГОСТ 5640–68 и ГОСТ 5639–82. Образец 1: микроструктура листа № 1 – феррит + структурно-свободный цементит балла 1–2 ГОСТ 5640–68; зерно № 8–9 ГОСТ 5639–82. Образец 2: микроструктура листа № 2 – феррит + структурно-свободный цементит балла 0 ГОСТ 5640–68; зерно № 8 ГОСТ 5639–82. Исследованием было установлено, что структура представленных образцов соответствует ТУ 14-105-744–2005.

Для испытания на растяжение и перегиб из представленных фрагментов листа вырезалось по два образца. Испытания проводились на испытательной машине ИР-200. Результат испытаний сведен в табл. 2.

Табл. 2. Механические свойства

Номер образца	Номер пробы	Временное сопротивление, МПа	Относительное удлинение, %
1	1.1	370	29
	1.2	375	28
2	2.1	300	45
	2.2	295	41

Результат испытаний на растяжение и перегиб соответствует ТУ 14-105-744–2005.

Из сравнительного анализа проверенных показателей было установлено, что образец 2 обладает более высокими пластическими свойствами по отношению к образцу 1, о чем свидетельствует микроструктура, показатели временного сопротивления и относительного удлинения. При этом оба образца соответствуют техническим требованиям нормативной документации.

Выводы

По результатам исследования микроструктуры образцов и их механических свойств можно сделать вывод о том, что структурно-свободный цементит в виде равномерно распределенной точечной сыпи (образец 2 – структурно-свободный цементит балла 0 ГОСТ 5640–68), вызванной в первую очередь меньшим содержанием не связанного в феррите свободного углерода, приводит к повышению пластичности стали и понижению ее прочностных свойств.

Относительно высокие скорости механической обработки материалов, принятые на большинстве производств с высоким объемом выпускаемой продукции, не подходят для материалов с высокой пластичностью и вязкостью. В целях избегания проблем с механической обработкой пластичных материалов и недопущения падения производительности труда в виду понижения скорости обработки рекомендуем при согласовании поставок малоуглеродистых конструкционных сталей дополнительно оговаривать верхнюю границу относительного удлинения (пластичности), не устанавливаемую большинством действующих на территории таможенного союза ГОСТов и технических условий на листовые конструкционные стали.

УДК 539.231
 ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛОСЫ СОБСТВЕННОГО ПОГЛОЩЕНИЯ
 ТАНТАЛАТА СТРОНЦИЯ ВИСМУТА

С. О. ПАРАШКОВ¹, Н. И. СТАСЬКОВ², М. В. РУДЕНКО³

¹Белорусско-Российский университет

²Могилевский государственный университет имени А. А. Кулешова
 Могилев, Беларусь

³Белорусский государственный университет информатики
 и радиоэлектроники
 Минск, Беларусь

Высокая прозрачность и большая диэлектрическая проницаемость слоистого перовскита танталата стронция висмута (ТСВ), полученного золь-гель технологией, определяют перспективность использования для опто- и микроэлектроники [1]. В связи с этим актуально развитие методов спектральной эллипсометрии для определения толщин и универсальных оптических характеристик (спектров показателей преломления и поглощения, ширины запрещенной зоны, энергии Урбаха) элементов планарной структуры. Для получения этих характеристик необходимы измерения спектров эллипсометрических углов ψ и Δ пленок ТСВ в окрестности полосы собственного поглощения, которая расположена в УФ-области. В отличие от спектрофотометрии пропускания толщина пленки не ограничивает область экспериментальных эллипсометрических спектров. Существенную трудность при обработке спектров ψ и Δ создает проблема учета поверхностных и переходных слоев.

Цель данной работы – определить дисперсионные функции показателей преломления и поглощения золь-гель пленок ТСВ, параметры которых однозначно определяют полосу собственного поглощения. Чаще всего для аморфных полупроводников используют дисперсионные формулы Тауца-Лорентца [2] и формулы новых аморфных материалов [3], полученные из уравнений Форухи-Блумера. После выбора электродинамических и дисперсионных моделей в некоторой области длин волн сравнивают соответствующие измеренные (ψ_e , Δ_e) и рассчитанные (ψ_t , Δ_t) эллипсометрические углы. Соотношения Крамерса – Кронига связывают спектры показателей преломления и поглощения в неограниченной области длин волн ($0 < \lambda < \infty$). Однако на практике измерения осуществляют от λ_n до λ_k . На рис. 1 представлены параметры ψ_e , $\cos\Delta_e$, измеренные на эллипсометре UVISEL2 (HORIBA) при угле падения 60° в области от $\lambda_n = 240$ нм до $\lambda_k = 800$ нм (1) и от $\lambda_n = 300$ нм до $\lambda_k = 800$ нм (2). Для этих спектральных интервалов на основании ПО DeltaPsi2 были выполнены соответствующие расчеты углов ψ_t , Δ_t (3) и (4). Параметры

дисперсионных функций новых аморфных материалов, определяющих одиночную полосу поглощения ТСВ, приведены в табл. 1. Невязка χ^2 указывает на соответствие рассчитанных и измеренных параметров (1–4). Увеличение на порядок χ^2 при расширении спектральной области обусловлено существенным отклонением спектров (1) и (3) в области от 240 до 258 нм, где, возможно, находится плечо полосы поглощения.

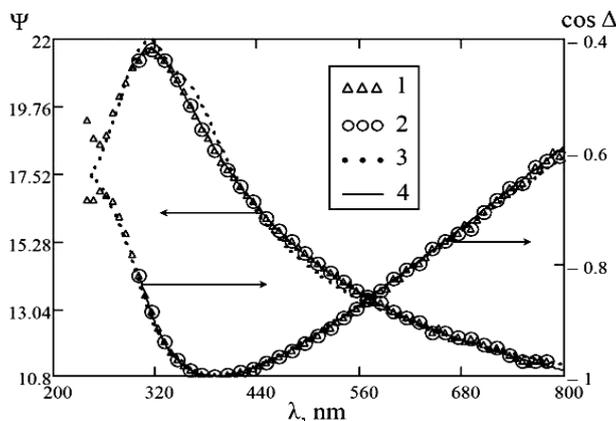


Рис. 1. Измеренные и рассчитанные параметры пленки ТСВ

Табл. 1. Параметры дисперсионных функций и толщины поверхностного слоя d_1 , пленки d_2 и переходного слоя d_3

λ_n , нм	n_∞	e_g , eV	f_j	E_j , eV	Γ_j , eV	d_1 , нм	d_2 , нм	d_3 , нм	χ^2
240	2,193	3,205	0,447	3,825	0,514	6,21	16,58	36,69	0,714
300	1,910	3,128	0,121	4,798	0,454	5,30	31,06	19,54	0,071

Работа выполнена при поддержке ГПНИ РБ № 20200132 от 27.01.2020 г.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Optical Properties of Multilayer BaTiO₃/SiO₂ Film Structures Formed by the Sol–Gel Method / N. V. Gaponenko, P. A. Kholov, K. S. Sukalin, T. F. Raichenok, S. A. Tikhomirov, R. Subasri, K. R. C Soma Raju, A. V. Mudryi // *Physics of the Solid State*. – 2019. – Vol. 61, №. 3. – P. 397–401.

2. Investigation of barium titanate thin films as simple antireflection coatings for solar cells / L. Scholtz, P. Šutta, P. Calta, P. Novák, M. Solanská // *Applied Surface Science*. – 2018. – Vol. 461. – P. 249–254.

3. Оптические характеристики пленок титаната стронция, полученных золь-гель методом / Н. И. Стаськов, А. Б. Сотский, Л. И. Сотская, И. В. Ивашкевич, А. И. Кулак, Н. В. Гапоненко, М. В. Руденко, А. Н. Петлицкий // *Опт. и спектр.* – 2018. – Т. 125, №. 4. – С. 473–478.

УДК 620.179
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ МАГНИТНЫХ ШУМОВ
БАРКГАУЗЕНА ПРИ ДВУХОСНОМ НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ

П. А. ПОДУГОЛЬНИКОВ, В. Ф. ПОЗДНЯКОВ, А. Н. ПРУДНИКОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Магнитные методы неразрушающего контроля нашли применение для оценки величины внешних механических напряжений в области упругих деформаций за счет измерения величины намагниченности или параметров, коррелированных с ней.

Применительно к магнитному методу эффекта Баркгаузена при плоском нагружении интенсивность шумов возрастает, когда направление поля перемангничивания совпадает с линией приложения растягивающей силы, и, наоборот, уменьшается при воздействии сжимающей нагрузки.

Двухосное напряженно-деформированное состояние представляет собой более сложный вид тензора напряжений и, предположительно, иной вид пространственного распределения интенсивности магнитных шумов Баркгаузена.

Экспериментальное исследование плосконапряженного состояния производилось для различных значений главных напряжений, но при одном и том же соотношении между собой. Приложенные механические напряжения в плоском образце измерялись объективным методом (тензометрическим) и анализатором магнитного шума Баркгаузена «Интроскан».

По результатам экспериментов получены круговые диаграммы распределения на плоскости интенсивности магнитного шума для различных условий нагружения плоского образца.

На диаграмме не наблюдаются монотонные одноосные закономерности увеличения интенсивности магнитных шумов при вращении преобразователя в сторону наибольшего из напряжений, а присутствует экстремум кривой, расположение которого определяется соотношением величин главных напряжений.

Таким образом, для измерения плоского напряженно-деформированного состояния объекта может быть применена схема измерения магнитного шума Баркгаузена в двух взаимно перпендикулярных направлениях. При этом для определения эквивалентного напряжения Мизеса не обязательно, чтобы направления измерения совпадали с направлениями главных напряжений. Но для измерения магнитным методом эффекта Баркгаузена величины каждого из главных напряжений необходима априорная информация о направлении приложения нагрузки или о соотношении главных напряжений.

УДК 620.179
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МАГНИТНЫХ МЕТОДОВ
ДЛЯ КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ ФЕРРОМАГНЕТИКОВ

П. А. ПОДУГОЛЬНИКОВ, А. Н. ПРУДНИКОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Отсутствие эталонов напряжений, с помощью которых может осуществляться единство калибровки средств неразрушающего контроля напряжений (в том числе и магнитными методами), их метрологическое обеспечение и стандартизация является важным препятствием для перехода к измерению напряжений на практике.

В качестве эталона напряжений был изготовлен эталонный образец «Цилиндр–Поршень» с тугой посадкой. Задача состояла в том, чтобы распространить опыт на магнитные материалы и вместо алюминиевого сплава изготовить эталон «Цилиндр–Поршень» из стали с горячей посадкой. Требования к стали такие: минимальная текстура, возможность нагревать цилиндр до 500...600 °С без существенных изменений микроструктуры, предел текучести 300...400 МПа, совместимость размеров для разных методов: магнитной анизотропии, шумов Баркгаузена, магнитоакустических шумов и других. Был изготовлен эталон «Цилиндр–Поршень» с тугой посадкой из стали 30Х.

Расчеты горячей посадки показали, что напряжения Мизеса даже при 100-градусном нагреве быстро достигают предела текучести и довольно однородны, и задача состояла в том, чтобы подобрать такие размеры деталей, чтобы обеспечить набор тарированных напряжений во втулке, при этом двухосных.

Для построения экспериментальной установки использовалась стандартная аппаратура: в качестве генерирующей части – анализатор напряжений и структуры металлов магнитошумовой «Интроскан»; в качестве приемно-регистрающей – акустико-эмиссионный комплекс «А-Line 32 DDM». Возникающие в возбуждающем магнитном поле скачки намагниченности (шумы Баркгаузена) регистрировались акустическим пьезопреобразователем в виде сигналов МАШ.

Значения напряжений двумерных в тангенциальном и радиальном направлении произведены нейтронографически, так как метод нейтронографии – единственный метод, способный измерить тензор деформаций (напряжений) в любой точке изделия размером в несколько десятков миллиметров с базовым размером усреднения $2 \times 2 \times 2$ мм³.

УДК 620.179.18
 ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ
 МЕТОДОМ ДИНАМИЧЕСКОГО ИНДЕНТИРОВАНИЯ

Т. А. ПРОТАСЕНЯ¹, М. Н. ДЕЛЕНДИК²,
 А. П. КРЕНЬ¹, О. В. МАЦУЛЕВИЧ¹

¹Институт прикладной физики НАН Беларуси

²Филиал БНТУ «Межотраслевой институт повышения квалификации
 и переподготовки кадров по менеджменту и развитию персонала»
 Минск, Беларусь

Метрологическая аттестация приборов, реализующих метод контактного деформирования для контроля физико-механических характеристик, предполагает наличие аттестованных образцов или мер. Однако они не всегда могут быть созданы, особенно когда это касается измерения таких параметров, как твердость, модуль упругости, прочность и др. В то же время, имея аналитические зависимости для расчета свойств материала по параметрам индентирования, подтверждение метрологических характеристик используемого средства измерения (СИ) можно проводить на основе поэлементной оценки погрешности измерений (косвенных измерений) [1]. В работе рассмотрена возможность применения данного подхода на примере измерения твердости и модуля упругости при динамическом индентировании.

Динамическую твердость H_{ITD} и модуль упругости E_{IDT} инструментального индентирования определяют согласно выражениям [1]

$$H_{ITD} = \frac{P_{h_{max}}}{\pi D h_c}, \quad (1)$$

$$E_{IDT} = \frac{6 P_{h_{max}}^2 (1 - \mu^2)}{5 m v_{max}^2 e^2 d_c} = \frac{6 P_{h_{max}}^2 (1 - \mu^2)}{5 m v_{min}^2 d_c}, \quad (2)$$

где h_c – контактная глубина внедрения; $P_{h_{max}}$ – контактная сила, соответствующая максимальной глубине внедрения h_{max} ; μ – коэффициент Пуассона материала; e – коэффициент восстановления скорости, определяемый отношением скорости отскока индентора к предупредительной скорости – v_{min}/v_{max} ; d_c – диаметр контактного отпечатка.

Погрешность измерений H_{ITD} и E_{IDT} состоит из случайной и неисключенной систематической составляющих. В данном случае систематическая составляющая погрешности определяется погрешностью СИ, используемых для нахождения параметров, входящих в формулы (1) и (2). Оценку погрешности измерения диаметра индентора D и его массы m следует проводить с помощью эталонных СИ. Погрешность измерения скорости индентора оценивается путем сравнения значений предупредительной скорости индентора v_{max} , отображаемой прибором, реализующим грави-

тационный разгон индентора [1], со значением скорости v_{max}^p , полученным из закона сохранения энергии. В силу одинакового способа измерения v_{max} и v_{min} относительные погрешности их измерения принимаются равными. Погрешность измерения $F_{h_{max}}$ можно определить либо на основании погрешности измерения импульса силы I , либо на основании погрешности глубины вдавливания. В первом случае относительную погрешность измерения $F_{h_{max}}$ можно принять равной относительной погрешности измерения I :

$$\frac{\Delta F_{h_{max}}}{F_{h_{max}}} = \frac{I^p - I}{I^p}, \quad (3)$$

где I^p – расчетное значение импульса силы, определяемое уравнением $I^p = mv_{max}^p$; I – значение импульса силы, непосредственно отображаемое СИ.

В другом случае, если известна относительная погрешность измерения глубины вдавливания, то относительная погрешность измерения $F_{h_{max}}$ может определяться соотношением $\Delta h/h = \Delta P/\Delta P$.

Погрешность измерения контактного диаметра d_c определяют, руководствуясь [2], согласно выражению

$$\frac{\Delta d_c}{d_c} = 0,5 \frac{\Delta D}{D} + 0,5 \frac{\Delta h_c}{h_c}. \quad (4)$$

Таким образом, вышеописанные положения позволили получить общий вид выражений для расчета относительной погрешности измерения H_{ITD} и E_{IDT} :

$$\frac{\Delta H_{ITD}}{H_{ITD}} = \frac{\Delta P_{max}}{P_{max}} + \frac{\Delta D}{D} + \frac{\Delta h_c}{h_c}, \quad (5)$$

$$\frac{\Delta E_{IDT}}{E_{IDT}} = 2 \frac{\Delta F_{h_{max}}}{F_{h_{max}}} + \frac{\Delta m}{m} + 2 \frac{\Delta v_{min}}{v_{min}} + \frac{\Delta d_c}{d_c}. \quad (6)$$

Предложенный подход в ряде случаев является единственным способом оценки погрешности измерений, проводимых методом динамического индентирования, поскольку не всегда возможно создание мер или стандартных образцов. Это обусловлено в первую очередь большим разнообразием контролируемых материалов и возможным широким диапазоном изменения их свойств даже в рамках одного класса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **СТБ 2495–2017.** Контроль неразрушающий. Определение физико-механических характеристик конструкционных материалов методами индентирования. – Введ. 01.09.2017. – Минск: Госстандарт, 2017. – 40 с.

2. **МИ 2083–90.** ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей. – Введ. 01.01.92. – Москва: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1991. – 11 с.

УДК 620.179.14

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ МАГНИТНОЙ СТРУКТУРОСКОПИИ
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТВЕРДОСТИ АВИАЦИОННОГО КРЕПЕЖА

С. Г. САНДОМИРСКИЙ

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси
Минск, Беларусь

От крепежных изделий (болты, шпильки) авиационной техники требуют повышенной прочности, твердости, износостойкости при низких температурах. Их изготавливают из специально разработанной для этого среднеуглеродистой стали 30ХГСА, легированной хромом, марганцем, кремнием. Баланс между прочностными и пластическими свойствами изделий достигается закалкой и последующим отпуском. Отклонения в их режимах приводят к изменениям свойств изделий. Это требует проводить контроль всей продукции. Эффективным методом неразрушающего контроля механических свойств сталей является магнитный.

Доказано, что коэрцитивная сила H_c и остаточная намагниченность M_r многих сталей связаны с их структурой [1]. При контроле массовых партий изделий наилучшие по достоверности и производительности результаты обеспечивают намагничивание изделий при падении сквозь катушку с постоянным током и измерение остаточного магнитного потока Φ_d в изделии. При этом Φ_d в изделиях пропорционален не M_r , а H_c материала изделий.

Характерной особенностью легированных сталей с содержанием углерода больше 0,3%, в том числе стали 30ХГСА, является немонокотное изменение H_c с увеличением температуры T_o отпуска закаленных изделий. Для контроля режима отпуска таких изделий предложено намагниченные изделия перед измерением Φ_d подвергать дозированному действию размагничивающего поля напряженностью H_p . Разработанная методика [2] позволяет выбрать величину H_p , при которой достигается оптимальная чувствительность к изменениям T_o при контроле изделий конкретных размеров. В докладе показано, что такой контроль основан на чувствительности Φ_d в изделии после его перемагничивания полем H_p к M_r материала изделия.

В докладе сообщается о технических характеристиках прибора МАКСИ-2 [1], обеспечивающего применение разработанной методики [2] на промышленных предприятиях с производительностью контроля до 2 изделий в секунду. Приведен пример ее реализации для контроля твердости малогабаритных болтов из стали 30ХГСА, предназначенных для использования в самолетостроении [3].

На рис. 1 приведены зависимости твердости HRC болтов пяти размеров из стали 30ХГСА от показаний Φ_d прибора МАКСИ-2. Группы

исследованных болтов с пониженной и повышенной (по сравнению с номинальной) твердостью получены при разных температурах их отпуска после закалки: 380, 420 и 460 °С. Исследования показали, что зависимость твердости HRC болтов от Φ_d в болтах после их частичного размагничивания по оптимальному режиму [2] практически линейна. Приборы использованы на авиационном промышленном предприятии для контроля твердости малогабаритных болтов из стали 30ХГСА, предназначенных для авиационной техники.

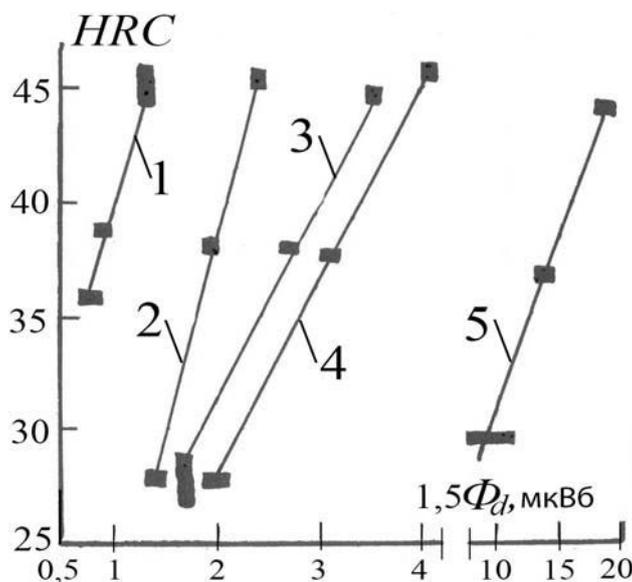


Рис. 1. Зависимость твердости HRC болтов из стали 30ХГСА от остаточного магнитного потока Φ_d в них: 1 – диаметр 4 мм и длина 20 мм; 2 – 6 мм и 20 мм; 3 – 6 мм и 26 мм; 4 – 6 мм и 30 мм; 5 – 10 мм и 56 мм

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Сандомирский, С. Г.** Современные возможности магнитного контроля структуры изделий (обзор) / С. Г. Сандомирский // В мире неразрушающего контроля. – 2009. – № 1. – С. 40–46.
2. Способ контроля механических свойств движущегося стального изделия, подвергнутого отпуску после закалки: пат. на изобретение 20075 Респ. Беларусь / С. Г. Сандомирский. – Опубл. 30.04.2016.
3. **Sandomirski, S. G.** Non-Destructive Magnetic Testing of the Physical and Mechanical Properties of Mission-Critical Mounting Components in Aviation Technology / S. G. Sandomirski // 11th International Symposium on NDT in Aerospace: catalog of Abstracts. COFREND Edition. – Paris/Saclay, 2019. – P. 137.

УДК 584.86

СОПОСТАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ
СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УЛЬТРАЗВУКОВОГО
НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

С. С. СЕРГЕЕВ, А. М. НИКЕЕВ, С. В. МИХЕЕНКО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В настоящее время существенное развитие получил ультразвуковой неразрушающий контроль материалов и изделий. Это относится как к методам контроля, так и к техническим средствам для их реализации. В ведущих отраслях промышленности, таких как энергетика, нефтехимия, машиностроение, наибольшую эффективность по многим критериям показывают две современные технологии ультразвукового контроля. Первая из них основана на использовании пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП) в виде фазированных решеток различной конфигурации вместо традиционных монопреобразователей. Вторая технология основана на реализации так называемого дифракционно-временного метода контроля. Каждая из указанных технологий контроля имеет свои преимущества и ограничения, которые связаны с физическими основами методов, особенностями аппаратной части, программным обеспечением и рядом других факторов. В связи с этим при выборе методов и средств контроля для конкретного промышленного объекта важной задачей является оценка информационных возможностей технологии в целом.

Проведены экспериментальные исследования с целью сопоставления и сравнения возможностей обнаружения и определения истинных размеров дефектов технологией ФАР в сравнении с TOFD-методом и эхометодом. Данные исследования были реализованы на сварных образцах, а также на образцах с искусственными заложенными отверстиями с различными диаметрами и пазами разных размеров. Установлено, что погрешности определения размеров компактных дефектов у ФАР- и TOFD-технологий сопоставимы и значительно меньше, чем при применении традиционного эхометода, но при использовании технологии ФАР изображение дефекта на экране дефектоскопа более наглядное по сравнению с TOFD- и эхоимпульсным методами. Для реализации экспериментов был использован универсальный прибор SyncScan из линейки ультразвуковых дефектоскопов китайской компании SIUI. Модель реализует классический ультразвуковой контроль с возможностью обновления до версии с функциями TOFD или ФАР. Обновление происходит путем загрузки специального ПО, активирующего дополнительные функции.

На рис. 1 и 2 приведены примеры отображения информации о дефектах сварных швов для различных технологий контроля.

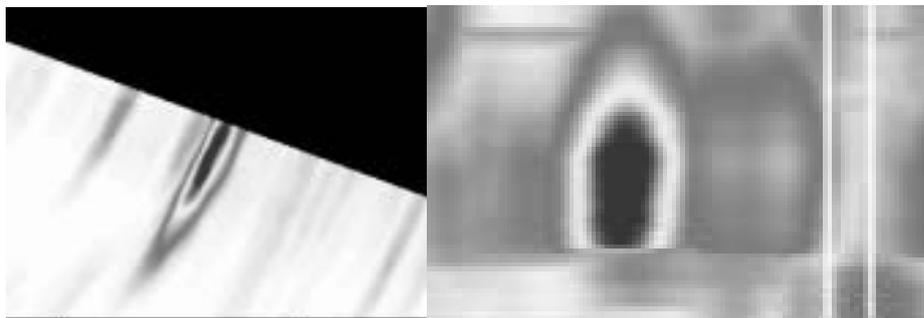


Рис. 1. Изображение дефекта на секторном и D-скане, полученное технологией ФАР

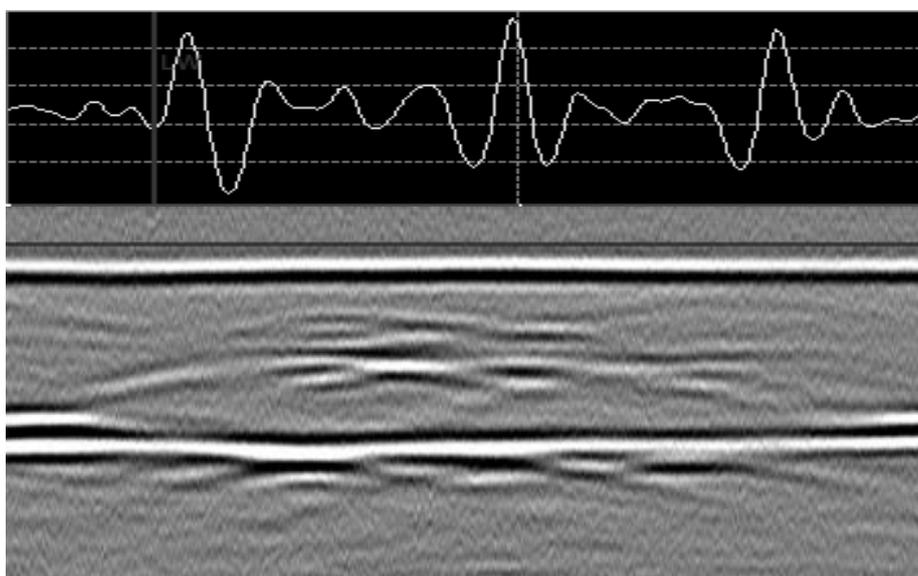


Рис. 2. Изображение этого же дефекта, полученное TOFD-методом

В процессе эксперимента было выявлено, что технология TOFD обладает большей чувствительностью, при этом точно определяются границы дефектов, в то же время его основной проблемой является идентификация дефекта на развёртке. Для неподготовленного специалиста это довольно трудная задача. Технология ФАР является менее чувствительной к границам дефектов, чем TOFD, но отображение информации более наглядное и может использоваться для подтверждения наличия дефекта.

В докладе приведены сравнительные примеры визуализации дефектов для разных ультразвуковых технологий их обнаружения. Показано, что совокупное применение TOFD- и ФАР-технологий может существенно повысить производительность и достоверность контроля промышленных объектов.

УДК 620.179

КОНТРОЛЬ ЦЕМЕНТАЦИИ МАГНИТОДИНАМИЧЕСКИМ
И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ МЕТОДАМИ

В. И. ШАРАНДО, Н. В. КРЕМЕНЬКОВА, А. В. ЧЕРНЫШЁВ

Институт прикладной физики НАН Беларуси
Минск, Беларусь

Обеспечение надёжного контроля качества цементации металлических поверхностей до настоящего времени является актуальной задачей. В предлагаемой работе осуществлено сравнение результатов влияния содержания углерода в поверхностных слоях подвергнутой шлифовке цементованной стали на показания приборов контроля свойств металлов, использующих магнитодинамический и электромагнитный принципы измерений.

Использован толщиномер МТЦ-3 [1, 2], основанный на регистрации изменения магнитного потока в индукционной катушке, охватывающей стержневой магнит, при его контакте и затем удалении от ферромагнетика. Энергия магнита, выполненного из NdFeB, составляет 45 мДж. С помощью измерителя остаточной намагниченности ИОН-4 [2], использующего устанавливаемую на поверхность ферромагнетика и затем удаляемую от него катушку без магнита, определялся поток индукции от магнитного пятна, оставленного преобразователем толщиномера МТЦ-3 после его удаления с контролируемой поверхности. При этом величина измеряемого сигнала связана с величиной коэрцитивной силы контролируемой структуры. Исследования при переменном магнитном поле возбуждения проводились с помощью прибора ПКТ-2 [3]: измерялась амплитуда третьей гармонической составляющей выходной ЭДС накладного преобразователя, пропорциональная величине коэффициента Релея.

Исследования проводились на образце из стали 20ХН3А размерами 70 × 100 мм и высотой 25 мм.

Химический состав образца: С – 0,19 %, Si – 0,23 %, Mn – 0,48 %, P – 0,008 %, S – 0,018 %, Cr – 0,84 %, Ni – 2,85 %.

Образец подвергнут поверхностной цементации на промышленном агрегате «IPSEN».

Посредством произведенного под углом шлифования верхней плоскости образца осуществлено снятие с него металла с линейно изменяющейся толщиной удаленного слоя.

На периодически расположенных уровнях вновь образованной поверхности, различающихся по высоте на 0,2 мм, методом атомно-эмиссионной спектроскопии на спектрометре DV-6 определено содержание углерода; диапазон его изменения составил 0,65...0,24 %.

На этих же уровнях осуществлены измерения сигналов приборами МТЦ-3, ИОН-4, ПКТ-2. Результаты измерений приведены на рис. 1.

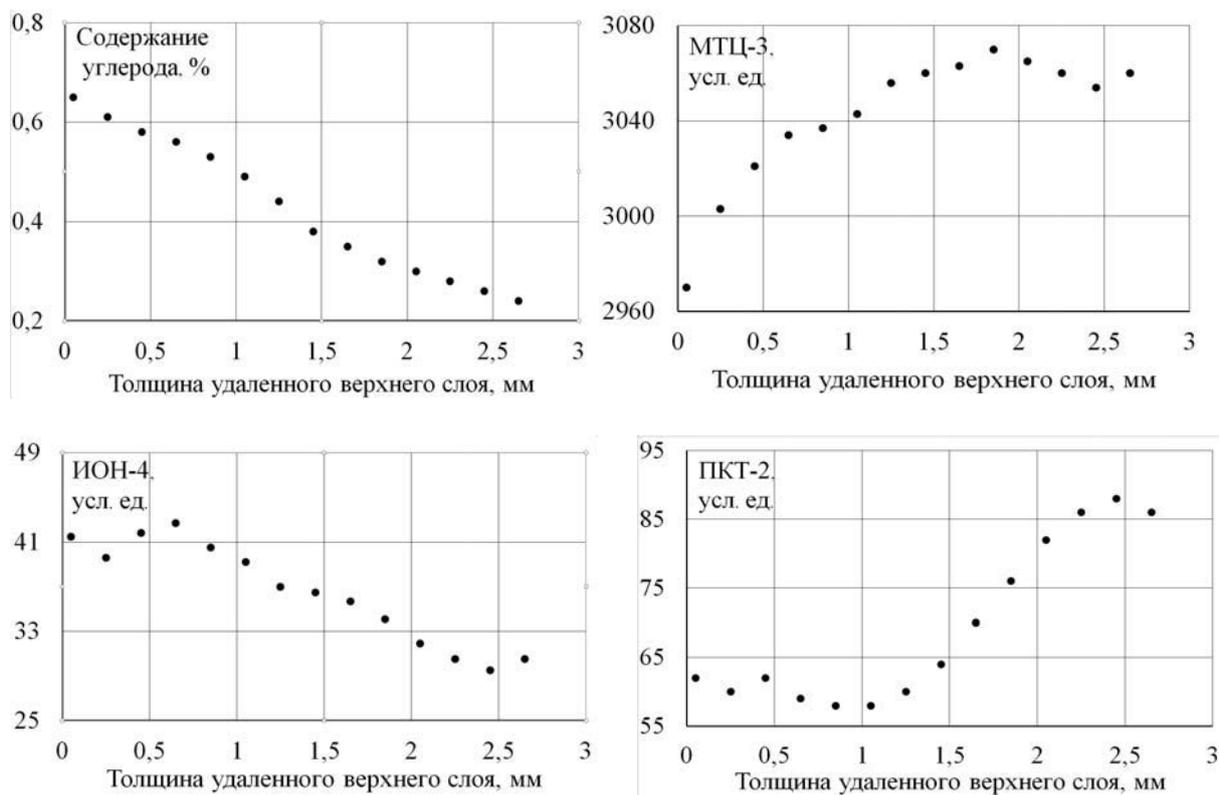


Рис. 1. Зависимость содержания углерода на поверхности образца стали 20ХНЗА и показаний приборов МТЦ-3, ИОН-4, ПКТ-2 от толщины удалённого верхнего цементованного слоя

Из рис. 1 следует, что изменение содержания углерода по глубине цементованного слоя происходит монотонно, по близкому к линейному закону. Все три использованных метода контроля обладают чувствительностью к поверхностной концентрации углерода, уменьшение содержания которого приводит к увеличению максимальной магнитной проницаемости и уменьшению коэрцитивной силы. При этом, если изменение сигнала прибора МТЦ-3 является относительно небольшим на фоне высоких общих значений и может приводить к большим погрешностям измерений, показания приборов ИОН-4 и ПКТ-2 имеют приемлемую чувствительность к содержанию углерода в поверхностном слое.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лухвич, А. А. Магнитные толщиномеры нового поколения / А. А. Лухвич // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2010. – № 4. – С. 3–15.
2. Разработки лаборатории металлофизики ИПФ АН Беларуси в области неразрушающего контроля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://iaph.bas-net.by/lab1/products/>. – Дата доступа: 20.02.2020.
3. Гусак, Н.О. Прибор для контроля твердости ПКТ-2 / Н. О. Гусак, А. В. Чернышев, В. Л. Цукерман // Дефектоскопия. – 1991. – № 10. – С. 92.

УДК 620.179.14
 СРАВНЕНИЕ ВИЗУАЛИЗИРУЮЩИХ МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ ПЛЕНОК
 ПРИ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ОБЪЕКТОВ

А. В. ШИЛОВ, А. В. КУШНЕР, В. А. НОВИКОВ
 Белорусско-Российский университет
 Могилев, Беларусь

Для визуализации магнитных полей дефектов в ферромагнитных объектах подробно исследована пленка «Flux-detector» [1]. В ООО НПК «ПРОФ-МАГНИТ» (Российская Федерация) разработана аналогичная пленка. В настоящей работе произведено сравнение обеих пленок при дефектоскопии образцов с искусственными и естественными дефектами. В процессе исследований контроль объектов осуществляли при оптимальных режимах намагничивания. Далее представлены индикаторные рисунки дефектов, полученные на пленках ООО НПК «ПРОФ-МАГНИТ» (рис. 1, а–5, а) и пленках «Flux-detector» (рис. 1, б–5, б).

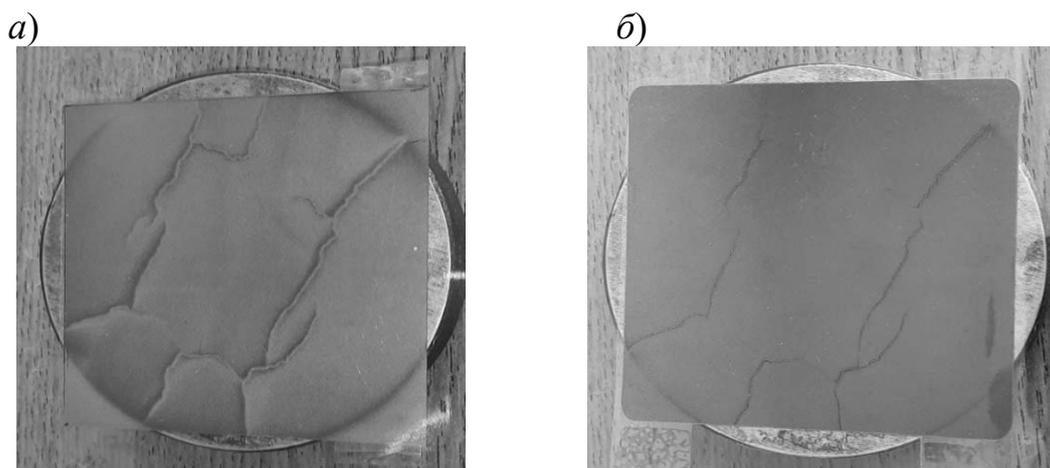


Рис. 1. Индикаторные рисунки на пленках от поверхностных трещин стального диска: а – ООО НПК «ПРОФ-МАГНИТ»; б – «Flux-detector»

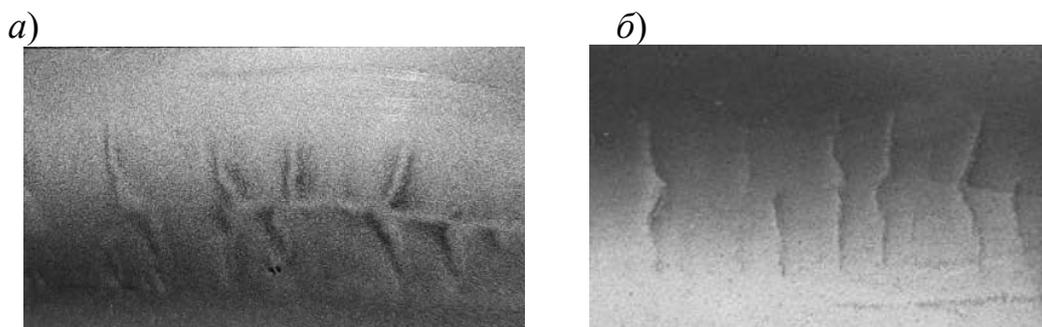


Рис. 2. Индикаторные рисунки на пленках от поверхностных трещин сварного шва: а – ООО НПК «ПРОФ-МАГНИТ»; б – «Flux-detector»

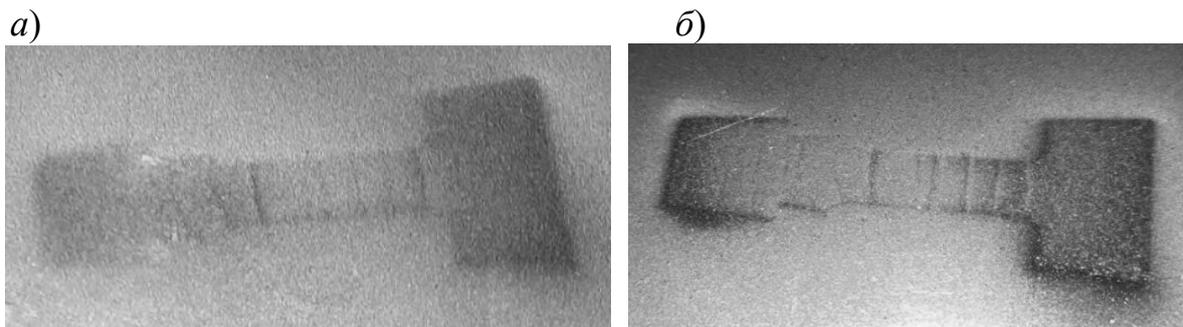


Рис. 3. Индикаторные рисунки на пленках от поверхностных трещин Т-образного образца: *a* – ООО НПК «ПРОФ-МАГНИТ»; *б* – «Flux-detector»

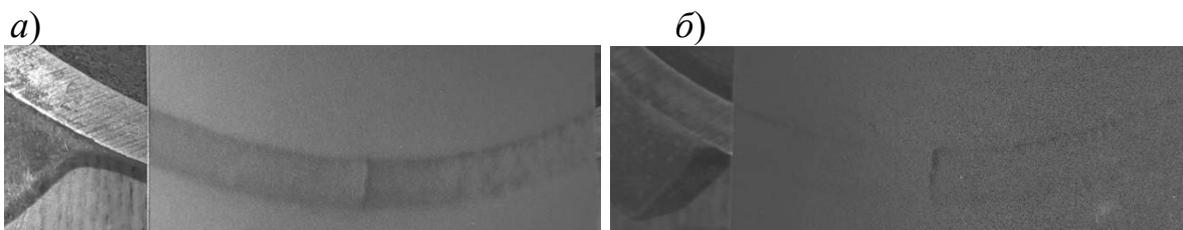


Рис. 4. Индикаторные рисунки на пленках от поверхностной трещины щита электродвигателя: *a* – ООО НПК «ПРОФ-МАГНИТ»; *б* – «Flux-detector»

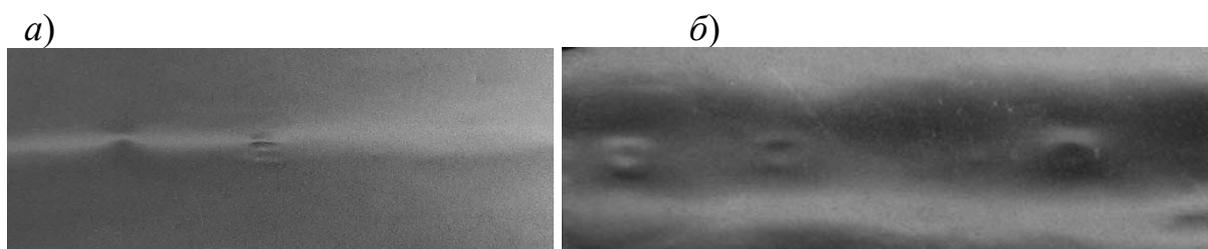


Рис. 5. Индикаторные рисунки на визуализирующей пленке, обусловленные внутренними шлаковыми включениями в сварном шве: *a* – ООО НПК «ПРОФ-МАГНИТ»; *б* – «Flux-detector»

Анализ полученных результатов позволяет сделать выводы, что в приложенном магнитном поле более четкими и контрастными получаются изображения индикаторных рисунков дефектов на пленке «Flux-detector», а при контроле на остаточной намагниченности – на пленке ООО НПК «ПРОФ-МАГНИТ».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новиков, В. А. Визуализация полей дефектов ферромагнитных объектов с помощью пленки «Flux-detector» / В. А. Новиков, А. В. Шилов, А. В. Кушнер // Контроль. Диагностика. – 2010. – № 4. – С. 24–30.

УДК 621.372.8

КОАКСИАЛЬНЫЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ВОЛНОВОД ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ТГц-ИЗЛУЧЕНИЯ

А. В. ШИЛОВ¹, М. М. НАЗАРОВ²

¹Могилевский государственный университет имени А. А. Кулешова
Могилев, Беларусь

²Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»
Москва, Россия

На сегодняшний день в зарубежной литературе широко представлены исследования, проводимые для излучения терагерцового (ТГц) диапазона частот электромагнитного спектра. Интерес к таким исследованиям обусловлен уникальными свойствами данного излучения, которое нашло применение в различных приложениях науки и медицины. Особенное распространение получила импульсная ТГц-спектроскопия различных материалов, взрывчатых веществ, биологических тканей и органических соединений, полосы поглощения которых попадают в ТГц-диапазон. Как известно [1], импульсная ТГц-спектроскопия основана на сравнении частотных спектров импульсов, пропущенных через сухой воздух (опорный сигнал) и через исследуемый слой вещества (или отраженный от него). Поэтому существует потребность в создании гибких волноводов для доставки излучения к исследуемому образцу. Трудности их изготовления сопряжены с тем, что все известные материалы, кроме сухого воздуха и некоторых видов полимеров, сильно поглощают ТГц-волны. Поэтому волновод должен обеспечивать транспортировку ТГц-излучения преимущественно по воздуху. Особый интерес с позиций создания медицинских ТГц-зондов представляют полимерные волноводы, работающие в диапазоне 0,1...0,5ТГц.

В [1] в качестве гибкого волновода был предложен и теоретически обоснован коаксиальный диэлектрический волновод, имеющий низкие потери передаваемого сигнала вблизи отсечки рабочей моды HE_{11} и слабую связь поля этой моды с окружающей средой. В настоящем сообщении приводятся результаты создания образца такого волновода, а также проводится теоретический анализ спектров широкополосных импульсов, полученных методом импульсной ТГц-спектроскопии во временной области.

На рис. 1 представлены временные формы измеренных импульсов (электрические поля опорного E_{ref} , прошедших E_{out} сигналов), их частотные спектры (фурье-образы $|\hat{E}_{ref}|, |\hat{E}_{out}|$), а также экспериментальные и теоретические (рис. 1, б, кривые 1, 1', 1'', 2, 2', 2'') спектры пропускания

коаксиального (кривые 1, 1'', 2, 2'' для мод HE_{11} , HE_{12}) и круглого (кривые 1', 2') диэлектрических волноводов.

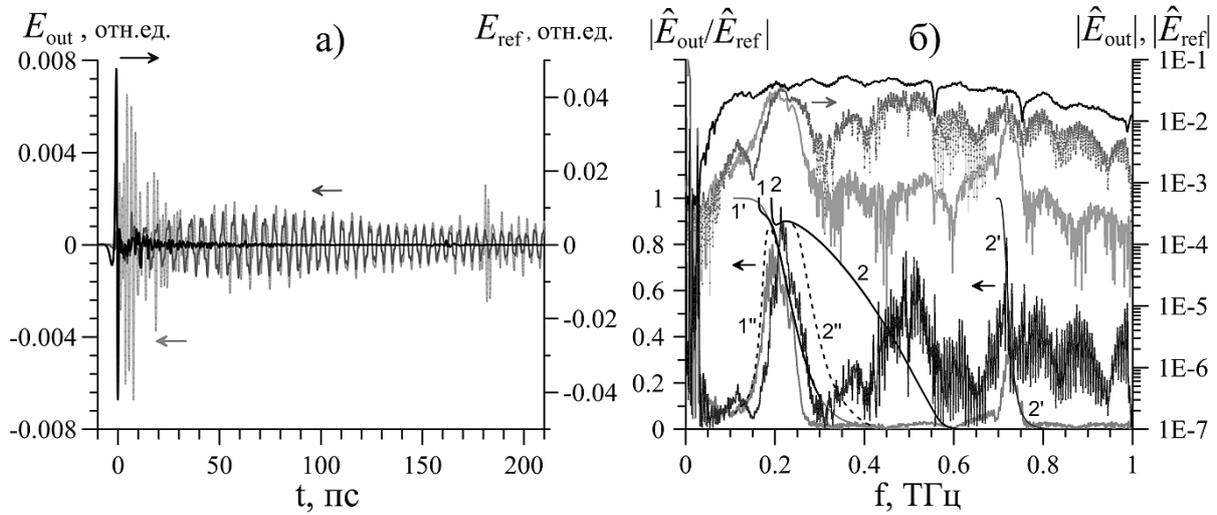


Рис. 1. Временные (а) и частотные (б) формы измеренных импульсов, а также спектры пропускания для коаксиального (в) и круглого (г) диэлектрических волноводов

Как видно из рис. 1, б, получено удовлетворительное согласие расчетов с экспериментальными данными. На частоте $f = 0,2130$ ТГц измеренное пропускание коаксиального волновода длиной 30 см составляет 95...96 %, что соответствует рекордно низким потерям 3,2 дБ/м.

Работа выполнена при поддержке БРФФИ (грант F18R-143) и РФФИ (грант №18-52-00040).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коаксиальный диэлектрический волновод для ТГц-диапазона / А. Б. Сотский, А. В. Шилов, С. С. Михеев, М. М. Назаров // Проблемы взаимодействия излучения с веществом: материалы V Междунар. науч. конф. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2018. – Ч. 2. – С. 212–217.

УДК 535.51
ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГЕТЕРОПЛАНАРНОГО СЛОЯ
ДИЭЛЕКТРИКА НА ОСНОВЕ ОКСИДА И НИТРИДА КРЕМНИЯ

А. В. ШУЛЬГА¹, А. А. ОМЕЛЬЧЕНКО², Н. И. СТАСЬКОВ³

¹Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

²ОАО «ИНТЕГРАЛ»
Минск, Беларусь

³Могилёвский государственный университет имени А. А. Кулешова
Могилев, Беларусь

Производство элементов опто- и микроэлектроники (МОНОП-элементы) выдвигает задачи совершенствования оптических методов исследования наноразмерных гетеропланарных диэлектрических слоев на основе нитрида и оксида кремния [1]. Спектры эллипсометрических углов имеют высокую чувствительность к параметрам таких слоев. Корректное решение обратных оптических задач может быть достигнуто выбором рабочих углов падения света, начальными приближениями рассчитываемых параметров и, главное, соответствием электродинамической и дисперсионной моделей реальному образцу [2].

В данной работе предложена электродинамическая модель, которая обеспечивает наименьшую невязку χ^2 между измеренными и рассчитанными эллипсометрическими параметрами (рис. 1), для спектроэллипсометрического контроля толщины и вещественного состава гетеропланарного диэлектрического слоя ОНО на кремниевой подложке. Для приготовления образцов высокоочищенные подложки КДБ12 окисляли в течение двух минут при температуре 800 °С в атмосфере газов N₂, H₂, O₂ на установке Arogee фирмы Kokusai. Слой Si₃N₄ осаждали на оксидном слое в течение 24 мин при температуре 700 °С в атмосфере газов SiH₂Cl₂ и NH₃ на установке Arogee Type G. Третий слой SiO₂ был получен путем 15-минутного пирогенного окисления структуры при температуре 850 °С в атмосфере газов N₂, H₂, O₂ на установке Arogee фирмы Kokusai.

Спектры поляризационных параметров Is(E) и Ic(E) образцов измеряли на спектральном эллипсометре UVISEL2 Horiba в области энергии фотонов (E) от 0,6 до 6 эВ при углах падения 60...75° с шагом 5°. Эти же образцы исследовались на сканирующем рентгеновском фотоэлектронном спектрометре. По спектрам XPS установили непрерывное распределение концентрации атомов Si, Si₃N₄, SiO₂ и связей Si-O по толщине слоя ОНО. По этим данным неоднородный слой имеет толщину 9 нм. Для определения толщин и вещественного состава гетерогенного слоя ОНО методом эллипсометрии использовали семислойную электродинамическую модель: бруггемановский поверхностный слой толщиной d_1

(50 % воздуха и 50 % SiO₂), пленка SiO₂ толщиной d_2 , бруггемановский переходный слой толщиной d_3 (50 % SiO₂ и 50 % Si₃N₄), пленка Si₃N₄ толщиной d_4 , бруггемановский переходный слой толщиной d_5 (50 % Si₃N₄ и 50 % SiO₂), пленка SiO₂ толщиной d_6 , бруггемановский переходный слой толщиной d_7 (50 % SiO₂ и 50 % cSi), cSi подложка. В таблице указаны толщины слоев трехслойной (строка 2) и семислойной (строка 3) моделей ОНО. Уменьшение величины χ^2 при усложнении модели показывает, что по параметрам семислойной модели можно охарактеризовать неоднородность слоя ОНО. На начальной стадии получения гетероструктуры на подложке образуется неоднородный слой оксида кремния, толщина которого больше толщины слоя нитрида кремния. На заключительной стадии поверхность слоя Si₃N₄ оказывается практически не окисленной. Толщина всего неоднородного слоя ОНО ($\sum d_i$) хорошо согласуется с величиной, определенной методом XPS.

Табл. 1. Толщины слоев ОНО на подложке КДБ12

d ₁ , нм	d ₂ , нм	d ₃ , нм	d ₄ , нм	d ₅ , нм	d ₆ , нм	d ₇ , нм	χ^2
	4,23		2,45		2,32		0,32
2,07	0,01	0,02	2,13	0,17	4,19	1,06	0,25

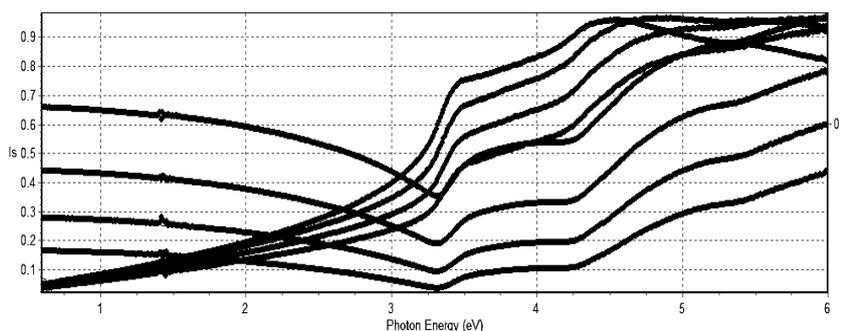


Рис. 1. Параметры Is и Ic неоднородного слоя ОНО на подложке ДБ12

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nucleation of chemical vapor deposited silicon nitride on silicon dioxide / M. Copel, P. R. Varekamp, D. W. Kisker, F. R. McFeely, K. E. Litz, M. M. Banaszak Holl // Applied physics Letters. – 1999. – Vol. 74, № 13. – P. 1830–1832.
2. Аззам, Р. Эллипсометрия и поляризованный свет / Р. Аззам, Н. Башара. – Москва: Мир, 1981. – 311 с.

УДК 621.3:658.34
ПОСТРОЕНИЕ ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ
НА ОСНОВЕ ИСКРОБЕЗОПАСНЫХ СИСТЕМ С ЭЛЕКТРОННЫМ
ОГРАНИЧЕНИЕМ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИСКРОВОГО РАЗРЯДА

В. Н. АБАБУРКО¹, В. Ч. КАНТОР²

¹Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

²Департамент по надзору за безопасным ведением работ
в промышленности (Госпромнадзор)
Минск, Беларусь

Изначально в технологических установках с взрывоопасными средами использовались традиционные искробезопасные системы, выполненные в соответствии с требованиями ГОСТ IEC 60079-25–2016. Они отличаются высокой надежностью и возможностью применения в наиболее опасных зонах класса «0». Однако такие системы ориентированы на применение в классических аналоговых системах передачи данных с одним датчиком, расположенным во взрывоопасной зоне, и не позволяют создавать на своей основе цифровые сети, состоящие из нескольких искробезопасных датчиков, передающие данные по единому искробезопасному каналу. Построение сетей из нескольких датчиков позволяет минимизировать затраты на прокладку кабельной инфраструктуры, уменьшить число искробезопасных входов для систем управления технологическим процессом, упростить обслуживание системы за счет сокращения присоединенного оборудования, необходимого для каждого из датчиков.

Сетевой модификацией искробезопасных систем, расположенных в зонах классов «1» и «2» стала концепция полевой (промышленной) искробезопасной шины – FISCO, позволяющая объединять на единую шину до 32 устройств. Искробезопасные системы FISCO стандартизованы в Российской Федерации, однако в Беларуси пока еще не принят стандарт, позволяющий сертифицировать такие искробезопасные системы на промышленных предприятиях.

Прорывом в области построения искробезопасных сетевых систем для зон классов «1» и «2» в Республике Беларусь является введение в действие с декабря 2019 г. ГОСТ 31610.39–2017 (IEC/TS 60079-39:2015). Указанный стандарт нормирует построение взрывозащищенных сетей древовидной и шинной топологии на основе искробезопасных систем с электронным ограничением длительности разряда, обозначаемые как Power-i. Особенностью такой сети является использование в каждом отдельном сегменте

сети источника энергии с датчиком (детектором) изменения тока di/dt , который отслеживает процесс образования искрового разряда и дает команду на обесточивание опасного сегмента системы (переход из режима Power-i в режим отключения), тем самым ограничивая мощность и длительность искрового разряда, а следовательно, исключая воспламенение взрывоопасной среды. Число включаемых элементов и конфигурации сети определяются из требуемых параметров взрывозащиты.

Искробезопасные системы Power-i полностью соответствуют требованиям ГОСТ 31610.0–2014, ГОСТ 31610.11–2014, ГОСТ IEC 60079-14–2013 и ГОСТ IEC 60079-25–2016, также имеют дополнительные критерии выбора, отражаемые в маркировке элементов (источников питания, датчиков, ограничителей и барьеров): классы по напряжению (24В, 32В и 40В), классы по току (0А5, 1А0, 1А5, 2А0 и 2А5), коэффициент безопасности (SF 1.0 и SF 1.5), время отклика и коэффициент оценки АФ. Для отдельных устройств Power-i не требуется указывать максимальные параметры искрозащиты: входной ток I_i , входное напряжение U_i , входную активную мощность P_i , внутреннюю индуктивность L_i , внутреннюю емкость C_i , внутреннее активное сопротивление R_i (кратность L_i/R_i) или выходной ток I_o , выходное напряжение U_o , выходную активную мощность P_o , внешнюю индуктивность L_o , внешнюю емкость C_o , внешнее активное сопротивление R_o (L_o/R_o). Для кабельных сегментов магистральной линии (проводки) Power-i вводится дополнительно ограничение на минимальную длину с целью минимизации волновых воздействий на передаваемые электрические сигналы.

Сотрудники научно-исследовательской лаборатории «Взрывозащищенное электрооборудование» Белорусско-Российского университета приняли непосредственное участие в рецензировании проекта межгосударственного стандарта ГОСТ 31610.39–2017, внося более 100 замечаний в его первоначальную редакцию, большинство из которых было учтено в его окончательном варианте. При проведении обучения в Институте повышения квалификации и переподготовки кадров Белорусско-Российского университета в программу повышения квалификации и аттестации специалистов, занятых проектированием, монтажом и наладкой, ремонтом и эксплуатацией взрывозащищенного электрооборудования, систем автоматического (автоматизированного) управления, противоаварийной автоматической защиты, скорректированной Госпромнадзором, включена информация по искробезопасным системам с ограниченной длительностью искрового разряда, разрабатывается соответствующее информационное, методическое и справочное обеспечение.

УДК 621.3:658.34

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ИСКРОВОБЕЗОПАСНЫХ СИСТЕМ

В. Н. АБАБУРКО¹, А. В. КОХАН²

¹Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

²Департамент по надзору за безопасным ведением работ
в промышленности (Госпромнадзор)
Минск, Беларусь

В системах контроля и управления технологических установок с взрывоопасными средами, попадающими под юрисдикцию ТР ТС 012/2011, широко используются искробезопасные системы, выполненные в соответствии с требованиями ГОСТ 31610.0–2014, ГОСТ 31610.11–2014, ГОСТ ИЕС 60079-14–2013, ГОСТ ИЕС 60079-25–2016, Правилами по обеспечению промышленной безопасности взрывоопасных химических производств.

Особенностью искробезопасных систем является использование следующих отдельных подсистем: искробезопасных датчиков и усилительных устройств, установленных во взрывоопасных зонах; присоединенного оборудования: блоков питания, модемов, нормирующих преобразователей и искробезопасных барьеров; кабельных линий. На основе анализа вышеуказанных нормативных документов и обобщения опыта эксплуатации искробезопасных систем на ведущих предприятиях нефтехимического комплекса Республики Беларусь (ОАО «Мозырский нефтеперерабатывающий завод», ОАО «Нафтан», ОАО «ГродноАзот»), в НИЛ «Взрывозащищенное электрооборудование» в сотрудничестве с Госпромнадзором разработаны методики оценки искробезопасных систем, обязательные при проведении технического обслуживания электрооборудования с видом взрывозащиты «i» – искробезопасная электрическая цепь.

Методика оценки подсистемы искробезопасных датчиков и усилительных устройств требует:

- проверить наличие маркировки по взрывозащите прибора и ее соответствие классу взрывоопасной зоны, категории и температурной группе взрывоопасных смесей, в которых прибор эксплуатируется;
- проконтролировать максимальные входные значения тока I_i , напряжения U_i и активной мощности P_i прибора, которые должны быть соответственно не меньшими, чем максимальные выходные значения тока I_o , напряжения U_o и активной мощности P_o питающей цепи;
- проверить диапазон температуры окружающей среды прибора с учетом влияния технологического оборудования, который должен

соответствовать диапазону T_{amb} , указанному в документации на прибор;

- проверить состояние уплотнений корпуса прибора;
- удостовериться в надежном присоединении электрических цепей прибора;
- проверить соответствие схемы защитного заземления прибора проектной документации;
- проконтролировать защиту прибора от коррозии, атмосферных воздействий, вибрации и других неблагоприятных факторов.

Методика оценки подсистемы присоединенного электрооборудования требует:

- проверить наличие разборчивой маркировки взрывозащиты оборудования;
- проверить соответствие максимального значения напряжения питания значению U_m , указанному в сертификате на блок питания;
- проконтролировать максимальные внешние значения индуктивности L_o , ёмкости C_o и активного сопротивления R_o блока питания или барьера, которые должны быть не меньшими, чем соответственно суммы внутренних значений индуктивности ($L_i + L_c$), ёмкости ($C_i + C_c$) и активного сопротивления ($R_i + R_c$) прибора и кабельной линии;
- проконтролировать отсутствие несанкционированных изменений в конструкции присоединенного электрооборудования;
- удостовериться в надежном присоединении электрических цепей присоединенного электрооборудования;
- проконтролировать защиту присоединенного электро-оборудования от коррозии и других неблагоприятных факторов.

Методика оценки подсистемы кабельных линий заключается в следующем:

- 1) проверяется целостность изоляции и экрана кабеля, а также наличие цветовой светло-синей маркировки;
- 2) проверяется наличие заземления экрана кабеля на одном конце, противоположный конец экрана должен быть не заземлен;
- 3) контролируются максимальные значения индуктивности L_c , ёмкости C_c и активного сопротивления кабеля R_c ;
- 4) проверяется надежность разделения между искробезопасными и искроопасными цепями в соединительных коробках или релейных блоках.

Указанные требования внедрены на ОАО «ГродноАзот» при разработке технической документации, включены в разработанное НИЛ «Взрывозащищенное электрооборудование» программное обеспечение (Exi_check и ExMark), которое используется при повышении квалификации специалистов, занятых техническим обслуживанием искробезопасных систем.

УДК 621.3

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ПАСТЕРИЗАЦИИ МОЛОКА В «МОЛОЧНОМ ТАКСИ»

Г. В. БОЧКАРЕВ, Г. С. ЛЕНЕВСКИЙ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В современных сельскохозяйственных предприятиях одним из важных вопросов является выращивание здорового поголовья крупного рогатого скота. Выпойка телят связана с процессом пастеризации молока и молочных смесей.

На животноводческих комплексах эксплуатируются пастеризаторы в стационарном и мобильном исполнениях. Конструктивно пастеризаторы представляют собой вертикальные, двустенные, теплоизолированные резервуары. В качестве теплоносителя для нагрева и пастеризации молока используется вода, находящаяся между стенками резервуара. В промышленно выпускаемых пастеризаторах отечественных и зарубежных фирм используется два метода подготовки теплоносителя:

1) электротеновый нагрев в замкнутом межстенном объеме пастеризатора;

2) электротеновый нагрев в гидравлическом шкафу, обеспечивающим циркуляцию воды в межстенном объеме пастеризатора.

Каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки. Основными преимуществами второго метода являются совмещение в одном технологическом оборудовании процессов нагрева и охлаждения и использование большей эффективной площади теплообмена за счет циркуляции теплоносителя.

В целом, процесс пастеризации молока связан с достаточно большими затратами энергии и времени. Данные показатели играют важную роль в эффективности деятельности предприятия, и их снижение увеличивает рентабельность.

Повышение энергоэффективности процессов пастеризации можно обеспечить путем оптимизации процесса нагрева теплоносителя по отношению к средней температуре молока. При этом средняя температура определяется путем измерения температуры молока в зоне теплообмена и в верхней зоне резервуара при стабильном перемешивании. Оптимизация процесса нагрева достигается путем вычисления разницы температур теплоносителя на выходе и входе системы подогрева и регулирования мощности электротенов в соответствии с заданным значением разности температур молока в зоне теплообмена и в верхней зоне резервуара.

УДК 621.3, 628.16

О СПОСОБАХ ФОРМИРОВАНИЯ ГРАФИКА ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ СТВОРОК ДВЕРЕЙ КАБИНЫ ЛИФТА

Л. В. ЖЕСТКОВА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Автоматический привод дверей лифта уменьшает время на открытие и закрытие створок дверей, что повышает производительность работы лифта и комфортность перевозки людей. При проектировании привода дверей особое внимание уделяется требованиям:

- ограничения величины кинетической энергии сближающихся створок дверей;
- неперевышения установленного безопасного уровня силы сжатия створок дверей;
- равенства практически нулю скорости створок дверей в конце хода закрытия (открытия);
- выбора средней скорости движения створок дверей с учётом ширины дверного проёма и скорости движения кабины.

Нулевая скорость створок дверей позволяет исключить ударные нагрузки, шум в конце рабочего хода створок. Задача получения нулевой скорости может быть решена двумя способами.

Первый способ основан на использовании кинематической схемы привода, обеспечивающей необходимый график изменения скорости створок дверей. Наиболее распространёнными вариантами конструкций автоматических раздвижных дверей являются:

- механизм привода, когда створки, закреплённые на каретках, двигаются по направляющей линейке;
- механизм привода с двумя шкивами разного диаметра;
- механизм привода штангового типа;
- кривошипно-шатунный (рычажный) механизм привода.

Два последних варианта обеспечивают синусоидальный график движения створок дверей с нулевой скоростью в конце пути передвижения. Они применяются в лифтах фирмы ОТИС.

Второй способ обеспечения нулевой скорости движения створок дверей основан на применении регулируемого электропривода с системой программного управления.

Датчик контроля пути створок дверей необходим для работы микропроцессорной системы программного управления приводом. При наличии регулируемого привода дверей хорошо зарекомендовала себя система, в которой используются зубчатые ременные передачи,

обеспечивающие плавность и бесшумность работы, простоту конструкции, и системы привода с канатным механизмом.

Линейная зависимость между скоростью движения створок дверей и частотой вращения вала двигателя объединяет рассмотренные варианты механизма привода автоматических дверей с управляемыми характеристиками двигателя. Это даёт возможность применить систему программного управления разгоном и замедлением створок дверей кабины до полной плавной остановки. Такие системы позволяют реализовать практически любой закон диаграммы изменения скорости створок кабины путём программирования микропроцессорного управляющего устройства.

В результате анализа вариантов привода дверей был разработан электропривод дверей кабины лифта, построенный на базе микроконтроллера. Блок-схема разработанной системы электропривода дверей представлена на рис. 1.

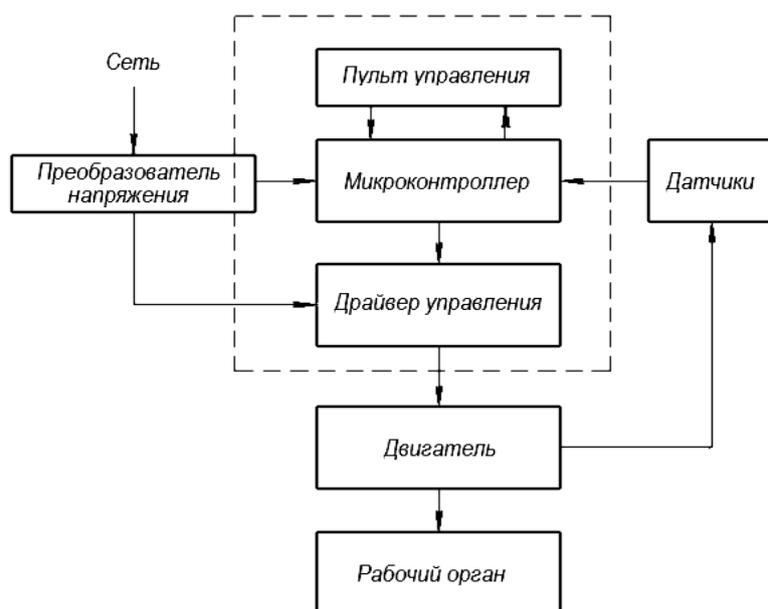


Рис. 1. Блок-схема системы электропривода дверей

Пульт управления служит для ручного управления приводом дверей и подает сигналы от кнопок на контроллер. Драйвер управления предназначен для управления двигателем переменного тока при помощи микроконтроллера. В роли датчиков выступают концевые выключатели и энкодер, которые позволяют осуществлять контроль за состоянием рабочего органа (створок дверей). Устройство питается от сети 220 В, 50 Гц. Преобразователь напряжения обеспечивает согласование напряжения между сетью и устройством управления.

Предложенный вариант электропривода дверей обеспечивает формирование заданного графика изменения скорости движения створок дверей кабины лифта.

УДК 621.3, 628.16

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ПРОВЕРКИ, НАСТРОЙКИ И РЕГУЛИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ ЛИФТОМ

Л. В. ЖЕСТКОВА, С. И. ГРОНДА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Важным этапом процесса производства станций управления лифтами является проверка их работоспособности, настройка и регулирование. Перед ОАО «Зенит» возникла задача создания различных стендов для проверки, настройки и регулирования устройств управления лифтами.

Разработанный стенд предназначен для проверки различных станций управления лифтами с установкой их в машинном помещении и без машинного помещения. Отличия этих станций в том, что станция, расположенная в машинном помещении, может управлять пассажирскими, грузовыми и больничными лифтами. У станций без машинного помещения есть возможность управлять только пассажирскими лифтами.

Конструктивно стенд представляет собой стол с расположенными на нём устройствами управления и индикацией. На панелях внутри корпуса стенда размещены блоки управления, блоки с элементами имитации шахты лифта и блоки имитации различных режимов работы лифта.

Проверка работоспособности устройств станции управления лифтом выполняется по алгоритмам, имитирующим работу станции в нормальном режиме и в режиме аварийных ситуаций.

Представленный стенд даёт возможность проверить различные станции управления лифтами в ручном и автоматическом режимах. Электрические аппараты блока ручного управления имитируют все элементы шахты лифта, кабины, машинного помещения.

Главную функцию стенда выполняет электронный блок управления (ЭБУ), в который заложена программа управления работой стенда. Для корректной работы стенда и получения тахограммы движения кабины лифта на стенде установлен электродвигатель переменного тока мощностью 0,75 Вт. Электропривод обрабатывает классическую тахограмму движения кабины лифта. Получение оптимальной тахограммы обеспечивает регулирование скорости приводного двигателя посредством специальной платы управления скоростью. В состав ЭБУ входит устройство, отсчитывающее количество импульсов, которые подаёт имитирующая плата. По этим импульсам и частоте определяется скорость движения лифта.

Блок-схема стенда проверки станций управления лифтами представлена на рис. 1.

На блок-схеме приведены:

- Сеть – трехфазная сеть и блок, питающий основные элементы стенда;
- ПУ-1 – электронный блок управления;
- БИВ – блок индикации вызовов;
- БКВ – блок кнопок вызовов;
- БС – блок селекции, определяющий местоположение кабины;
- БИП – блок индикации приказов;
- БКП – блок кнопок приказов;
- М1 – электродвигатель и тормоз;
- БОД – блок открытия дверей;
- БЗД – блок закрытия дверей;
- ПКЛ – перемещение кабины лифта;
- КБ – контроль блокировок, определяющий состояние устройств безопасности лифта;
- ЦД – цепь диспетчеризации.

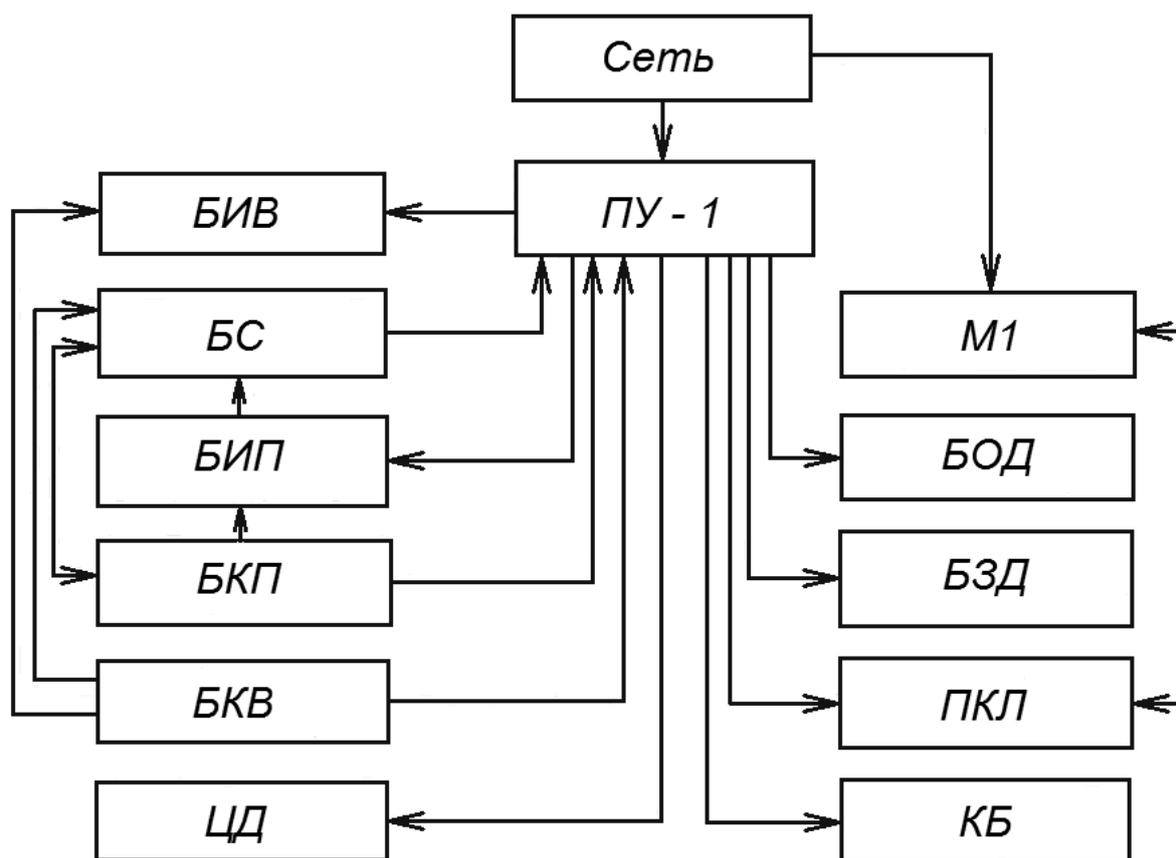


Рис. 1. Блок-схема стенда проверки станций управления лифтами

Предложенная авторами разработка имеет ряд достоинств: простота реализации управления выбранными режимами, выбранные элементы стенда обеспечивают высокую надёжность. Стенд позволяет выявить неисправность станции управления лифтами.

УДК 338.912.13

ПРОБЛЕМЫ И ПАРАДОКСЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЙ

В. М. КОВАЛЬЧУК

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В практике управления энергоэффективностью предприятия в Республике Беларусь сталкиваются с рядом проблем и парадоксов. Так, например [1, 2], при внедрении мероприятий по энергосбережению фактически достигнутые показатели энергоэффективности, применяемые согласно действующим нормативным документам, оказываются ниже ожидаемых и даже возрастают. Это приводит либо к финансовым санкциям от контролирующих органов, либо к трудоемкому пересмотру и переутверждению нормативных показателей.

Причины такой ситуации вызваны тем, что за основной показатель энергоэффективности принимается нормативный удельный расход энергоресурса на единицу выпускаемой продукции в условных или натуральных единицах, при разработке и утверждении которого не учитываются:

- экономические цели предприятий (максимизации добавленной стоимости продукции, в том числе и за счет роста конкурентоспособности);
- стохастический характер энергетических и товарных потоков предприятий.

Однако даже предлагаемый в [2, 3] и других работах подход с использованием регрессионных моделей зависимости потребляемых энергоресурсов от влияющих факторов для адекватной оценки значений удельных расходов энергоресурсов производств, работающих в условиях частого изменения производственной программы, не снимает всех проблем.

В [4] показано, что уровень экономической эффективности использования ресурсов в первую очередь задается внешними экономическими условиями, в которых работает предприятие. В рыночной экономике такими условиями являются конкуренция на рынках ресурсов и продукции производства. В переходной экономике, когда цены на продукцию можно устанавливать по затратному принципу, возникает необходимость государственного регулирования эффективности использования ресурсов. Но в любом случае предприятие должно иметь инструментарий оценки энергоэффективности, позволяющий выбирать в краткосрочном периоде такой объем производства (масштаб), а в долгосрочном периоде – такую

производственную функцию (технология), которые были бы экономически оптимальными.

В развитии предложенных подходов, когда большая часть предприятий Республики Беларусь работает в условиях открытой экономики, конкурируя на мировых рынках, предлагается:

- отказаться от использования существующей трудозатратой методики нормирования удельного расхода энергоресурса на единицу выпускаемой продукции в условных или натуральных единицах как основного показателя энергоэффективности;

- применять показатель удельного расхода энергоресурса на единицу выпускаемой продукции с учетом вероятностного характера энергетических и товарных потоков для целей прогнозирования энергопотребления и результатов экономической деятельности;

- в целях госрегулирования контролировать внедрение государственного стандарта на системы управления энергопотреблением СТБ ISO 50001–2013, соответствующего международному стандарту ISO 50001:2011 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению»;

- в рамках системы энергетического менеджмента предприятий использовать инструментарий эффективности энергопотребления, увязанные с экономическими результатами деятельности предприятия (рентабельность, доля энергозатрат в себестоимости продукции и т. п.).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ковальчук, В. М.** Экономика предприятия и эффективность энергоменеджмента / В. М. Ковальчук // Инновационные процессы в социально-экономическом развитии: материалы V Междунар. науч.-практ. конф., Бобруйск, 17 нояб. 2015 г. – Минск: РИВШ, 2015. – 218 с.

2. Использование методов математического моделирования для решения практических задач оценки энергоэффективности / Н. В. Грунтович, А. А. Капанский, С. Г. Жуковец, Е. Л. Шенец // Энергия и менеджмент. – 2017. – № 3. – С. 21–25.

3. **Грунтович, Н. В.** Оценка текущего состояния энергоэффективности технологических систем водоснабжения и водоотведения / Н. В. Грунтович, А. А. Капанский // Энергоэффективность. – 2016. – № 8. – С. 20–24.

4. **Ковальчук, В. М.** Вероятностно-маржинальный инструментарий оценки эффективности энергоменеджмента предприятия / В. М. Ковальчук // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2019. – № 2 (63). – С. 72–79.

УДК 621.3:658.34
 ТРЕБОВАНИЯ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ
 БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННЫХ
 ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

П. Ф. НИКИТИН¹, Г. И. КОРОТКЕВИЧ², А. В. КОХАН²

¹Белорусско-Российский университет
 Могилев, Беларусь

²Департамент по надзору за безопасным ведением работ
 в промышленности (Госпромнадзор)
 Минск, Беларусь

На предприятиях нефтехимического комплекса эксплуатируется большое число взрывозащищенных электродвигателей, которые должны проходить надлежащее техническое обслуживание в соответствии с требованиями ТР ТС 012/2011 *О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах*, ГОСТ ИЕС 60079-17-2013, ТКП 181-2009, эксплуатационной документации, а также в зависимости от вида используемой взрывозащиты и сертификата на соответствие требованиям ТР ТС 012/2011 соответственно:

- для вида «d»: ГОСТ ИЕС 60079-1-2013 (современное оборудование) и ГОСТ 30852.1-2002 (выпущенное ранее);
- для вида «р»: ГОСТ ИЕС 60079-2-2013 и ГОСТ 30852.3-2002;
- для вида «е»: ГОСТ 31610.7-2012 (ИЕС 60079-7:2006), ГОСТ 31610.7-2017 (ИЕС 60079-7:2015) и ГОСТ 30852.8-2002;
- для вида «n»: ГОСТ 31610.15-2014/ИЕС 60079-15:2010, ГОСТ 31610.15-2012/ИЕС 60079-15:2005 (выпущенное ранее) и ГОСТ 30852.14-2002.

Проанализировав и обобщив указанные нормативные документы, а также результаты эскизирования реальных взрывозащищенных электродвигателей на ОАО «Мозырский нефтеперерабатывающий завод», ОАО «Гродно Азот», ОАО «Нафтан», РУП «Производственное объединение «Белоруснефть», провели исследования технических характеристик взрывозащищенных электродвигателей в зависимости от видов взрывозащиты. На основании полученной научной информации в НИЛ «Взрывозащищенное электрооборудование» разработаны методическое обеспечение и организационное обеспечение для безопасной эксплуатации взрывозащищенных электродвигателей, которые включают следующее:

1) диагностику состояния таблички с маркировкой взрывозащиты, а также соответствие указанной маркировки взрывозащиты электродвигателя классу взрывоопасной зоны, категории и температурной группе взрывоопасной смеси, а также степени защиты оболочки IP условиям эксплуатации электродвигателя;

- 2) контроль идентификации цепей электродвигателя;
- 3) диагностику состояния элементов оболочек статора и коробок вводных устройств электродвигателя;
- 4) контроль надежности присоединения вводных цепей и защитного заземления электродвигателя;
- 5) диагностику состояния элементов взрывозащиты;
- 6) контроль состояния дренажных устройств (при наличии) и отсутствие конденсата в оболочке;
- 7) отсутствие вмятин и повреждений на кожухе вентилятора охлаждения двигателя, а также наличие нормальной циркуляции воздуха;
- 8) контроль значения сопротивления изоляции двигателя на соответствие ТКП-181–2009 в соответствии с параметрами электрической цепи;
- 9) контроль состояния питающих кабелей и при необходимости герметизацию кабельных каналов и трубопроводов;
- 10) проверка полного сопротивления короткого замыкания (TN-системы) или сопротивления заземления (IT-системы) на соответствие требованиям ТКП-181–2009 и ГОСТ IEC 60079-14–2013;
- 11) проверка правильности ориентации взрывонепроницаемых соединений по отношению к внешним препятствиям в соответствии с ГОСТ IEC 60079-14–2013;
- 12) контроль соблюдения требований ГОСТ 31610.0–2014 при питании электродвигателя от частотного преобразователя;
- 13) контроль состояния датчиков температуры обмоток и подшипников, а также их цепей на соответствие требованиям эксплуатационной документации при их наличии;
- 14) диагностика электронагревателей и их цепей при их наличии.

В НИЛ «Взрывозащищенное электрооборудование» в сотрудничестве с Госпромнадзором разработаны методики по эксплуатации и ремонту взрывозащищенных электродвигателей. Указанные методики внедрены на предприятиях нефтехимического комплекса (ОАО «Мозырский нефтеперерабатывающий завод», ОАО «Гродно Азот», ОАО «Нафтан», РУП «Производственное объединение «Белоруснефть») при разработке ремонтно-эксплуатационной документации для конкретных типоразмеров взрывозащищенных электродвигателей с учетом видов взрывозащиты и включены в учебные программы для обучения специалистов, занятых эксплуатацией и ремонтом взрывозащищенных электродвигателей, как на базе Института повышения квалификации и переподготовки кадров Белорусско-Российского университета, так и выездом сотрудников университета на предприятия.

УДК 621.3:658.34

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННЫХ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПОСТОВ УПРАВЛЕНИЯ

П. Ф. НИКИТИН¹, А. Е. САЗОНКО², В. Ч. КАНТОР²

¹Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

²Департамент по надзору за безопасным ведением работ
в промышленности (Госпромнадзор)
Минск, Беларусь

Для управления технологическим оборудованием производств с газоздушными взрывоопасными средами используются взрывозащищенные специализированные посты управления с установленным внутри электрооборудованием различных видов взрывозащиты: «d» по ГОСТ IEC 60079-1–2013, «n» по ГОСТ 31610.15–2014 (IEC 60079-15:2010), «e» по ГОСТ 31610.7–2017 (IEC 60079-7:2015) и «m» по ГОСТ 31610.18–2016 (IEC 60079-18:2014). Указанные специализированные посты управления должны проходить надлежащее техническое обслуживание с выполнением периодических визуальных, непосредственных, детальней проверок по ГОСТ IEC 60079-17–2013 и осмотров по ТКП 181–2009.

По результатам эскизирования взрывозащищенных постов управления на Белорусском газоперерабатывающем заводе, ОАО «Гродно Азот» и анализа действующих технических нормативных правовых актов разработана методика проведения технического обслуживания взрывозащищенных постов управления, которая включает:

- 1) проверку наличия выполненной промышленным способом таблички с нанесенной маркировкой взрывозащиты;
- 2) контроль уровня взрывозащиты и класса взрывоопасной зоны;
- 3) соответствие подгруппы маркировки взрывозащиты поста с наиболее опасной подкатегорией взрывоопасной смеси;
- 4) контроль температурного класса поста на соответствие наиболее опасной температуре самовоспламенения взрывоопасной смеси;
- 5) проверку соответствия степени защиты оболочки поста условиям воздействия окружающей среды;
- 6) идентификацию подключенных к посту цепей управления и сигнализации;
- 7) контроль состояния смотровых окон измерительных приборов и светосигнальной арматуры;

8) диагностику состояния взрывонепроницаемых оболочек у электрооборудования поста на предмет отсутствия трещин и механических повреждений, а также состояния их взрывонепроницаемых поверхностей и нахождения фланцевых зазоров в допустимых пределах;

9) проверку удовлетворительного состояния уплотнений и прокладок внешней оболочки поста;

10) контроль внутренних электрических цепей поста на предмет их надежного соединения с контактами электрооборудования поста;

11) диагностику состояния кабельных вводов в пост управления;

12) обеспечение нормального состояния заземления;

13) проверку отсутствия внесения несанкционированных изменений в конструкции оборудования поста;

14) контроль состояния компаунда у электрооборудования с видом взрывозащиты «m» при их наличии в соответствии с требованиями эксплуатационной документации и ГОСТ 31610.18–2016;

15) диагностику состояния герметизированных элементов электрооборудования с видом взрывозащиты «n» при их наличии в соответствии с требованиями эксплуатационной документации и ГОСТ 31610.15–2014;

16) проверку работоспособности ламп арматуры светосигнальной;

17) контроль удовлетворительного состояния изоляции внутренних цепей и элементов поста управления;

18) проверку удовлетворительного состояния для внешних кабелей управления, сигнализации и питания;

19) очистку поста от накопившейся грязи и пыли с использованием указанных в руководстве по эксплуатации чистящих средств.

НИЛ «Взрывозащищенное электрооборудование» разрабатывает эксплуатационную документацию к взрывозащищенным специализированным постам управления, обеспечивающим управление, контроль и сигнализацию, для предприятий и организаций нефтехимической промышленности Республики Беларусь.

В сотрудничестве с Госпромнадзором проводится редактирование и гармонизация с международными нормативными документами межгосударственных стандартов на взрывозащищенное электрооборудование, в том числе взрывозащищенные посты управления.

В рамках договора о сотрудничестве Госпромнадзор с Белорусско-Российским университетом совместно приняли участие в совещании (в режиме видеоконференции) с Департаментом технического регулирования и аккредитации Евразийской экономической комиссии по проектам актуализированных перечней стандартов к техническому регламенту Таможенного союза «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах» (ТР ТС 012).

УДК 621.9
ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА
МОТОР-КОЛЕСА КАРЬЕРНОГО САМОСВАЛА

М. А. ПОТАПОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Система электропривода мотор-колеса карьерного самосвала БелаЗ-75131 разделяется на три структурных блока:

- 1) синхронный генератор;
- 2) электрический полупроводниковый преобразователь;
- 3) тяговый двигатель постоянного тока с последовательным возбуждением.

Математическая модель системы представляет собой последовательное соединение этих блоков. Одной из главных задач построения полной модели является соединение разнородных по происхождению структурных блоков (или блоков из разных библиотек) в пределах одного математического пакета, осуществляющего моделирование.

При математическом описании синхронного генератора учитывается, что в состав его входит две группы обмоток. Эти обмотки являются сдвинутыми по фазе друг относительно друга на 30 электрических градусов с выводом нулевых точек. Обмотка возбуждения, а также обмотка демпфирования по обеим осям расположены на роторе машины.

Структурная схема блок-модели шестифазной синхронной машины (Six Phase Synchronous Machine) представлена на рис. 1.

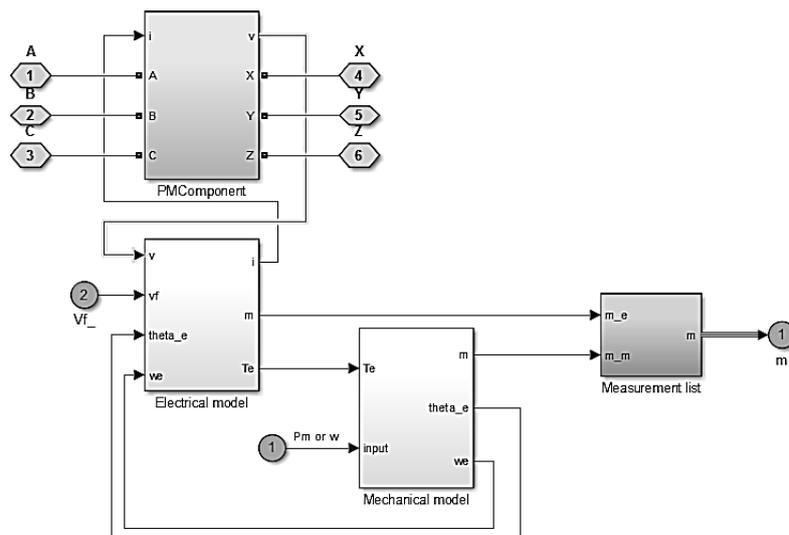


Рис. 1. Структурная схема блок-модели шестифазной синхронной машины (Six Phase Synchronous Machine)

При составлении модели двигателя обмотка возбуждения имеет последовательное соединение с обмоткой якоря, которая, в свою очередь, подвержена быстрым изменениям тока. Следовательно, может быстро изменяться и магнитный поток, наводя в полюсах и массивных частях станины вихревые токи, которые будут оказывать влияние на магнитный поток.

При математическом описании учитывается влияние вихревых токов. На рис. 2 приведена схема двигателя (ДПТ ПВ), где учёт вихревых токов представлен в виде эквивалентного короткозамкнутого контура, имеющего единичный коэффициент связи с обмоткой возбуждения.

Система уравнений, согласно схеме на рис. 2, выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} u_{\text{я}} = i_{\text{я}}R_{\text{я}} + L_{\text{я}} \frac{di_{\text{я}}}{dt} + w_{\text{в}} \frac{d\Phi}{dt} + e, \\ 0 = i_{\text{в.т}}R_{\text{в.т}} + w_{\text{в.т}} \frac{d\Phi}{dt}, \\ e = k\Phi\omega, \\ M = k\Phi i_{\text{я}} \end{cases} \quad (1)$$

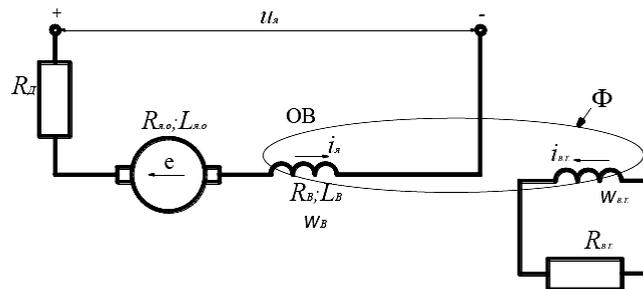


Рис. 2. Электрическая схема ДПТ ПВ с учетом вихревых токов

В математическом пакете имитационного моделирования Matlab существует два подхода к моделированию неуправляемого выпрямителя:

- 1) поэлементная модель. Основана на готовом блоке диода;
- 2) блоковая (Universal bridge). Основана на готовом блоке мостового выпрямителя.

Обе модели имеют абсолютно идентичные результаты по амплитуде и частоте пульсаций. Отсюда следует вывод, что относительно соответствия сформированного выпрямленного напряжения можно использовать любую из этих моделей.

Однако ввиду возможной необходимости обслуживания и редактирования модели выпрямителя в будущем, следует произвести анализ с целью определения варианта, обеспечивающего наиболее удобное и простое сопровождение данной модели.

УДК 621.3

ВАРИАНТЫ РЕАЛИЗАЦИИ НАБЛЮДАТЕЛЯ СОСТОЯНИЯ СКОРОСТИ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

А. С. ТРЕТЬЯКОВ, О. А. КАПИТОНОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Наблюдатель состояния – это модель, подключенная параллельно к объекту управления и получающая непрерывную информацию об изменениях регулирующего воздействия и регулирующей величины. Существует множество научных работ, на базе которых реализуются различные виды наблюдателей.

Можно выделить следующие виды наблюдателей состояния:

- 1) измеряющие;
- 2) на основе фильтра Калмана;
- 3) эталонные.

В основе измеряющих наблюдателей состояния лежит методика инъекции, при которой с помощью силового преобразователя формируется специальный высокочастотный сигнал и путем анализа ответной реакции двигателя определяется реальное положение ротора и в конечном случае – скорость. В частности, можно рассмотреть вариант, когда для определения положения / скорости вращения ротора применяются сигналы системы управления, зависящие от ошибки полеориентирования. Главный недостаток данной группы методов – сложность реализации и резкое ухудшение условий для идентификации параметров схемы замещения асинхронного двигателя.

Вторая группа наблюдателей состояния представляет собой цифровой фильтр, который одновременно и восстанавливает скорость вращения ротора, и фильтрует лишние шумы. Точность работы такого наблюдателя зависит от ряда неизвестных параметров двигателя, а также сложного алгоритма, который в то же время должен учитывать возможность их изменения в процессе работы. Это главный недостаток данной группы наблюдателей.

В основе третьей группы наблюдателей лежат модели электромагнитных процессов асинхронного двигателя. Такие наблюдатели называются наблюдателями с эталонной моделью (MRAS-наблюдатели). Их условно можно разделить на две подгруппы. Первую подгруппу составляют наблюдатели, в которых на основании математического аппарата вычисляются необходимые параметры для регулирования скорости. Они носят название «неадаптивные наблюдатели». Ко второй подгруппе можно отнести так называемые адаптивные наблюдатели,

в основе которых лежит адаптивный закон адаптации по необходимой координате.

Такой наблюдатель можно разделить на две части:

- 1) эталонная модель (формирование эталонных сигналов);
- 2) адаптивная модель (формирование сигналов оценки вкупе с невязками, на основе которых и формируется восстанавливаемый сигнал).

В последнее время большую популярность набирает направление развития наблюдателей состояния, основанных на нейронных сетях, нечеткой логике и генетических алгоритмах.

Достоинства наблюдателей на основе нейронных сетей заключаются в том, что они легко адаптируются к любым условиям работы, способны обучаться «налету» и поддерживать рабочий режим технологического процесса. Главным недостатком таких наблюдателей является необходимость написания сложного алгоритма работы наблюдателя и особые условия для обучения нейронных сетей.

Наблюдатели на основе нечеткой логики применяются в случаях, когда отсутствует явная модель процесса или аналитическая модель слишком сложная для представления или получения решения в реальном масштабе времени. Кроме того, такие наблюдатели могут быть составной частью классических MRAS-наблюдателей. Недостатком данных наблюдателей является сложность описания неопределенных условий.

В основе наблюдателей на основе генетических алгоритмов лежат алгоритмы поиска, используемые для решения задач оптимизации и моделирования путём случайного подбора, комбинирования и вариации искомым параметров с использованием механизмов, аналогичных естественному отбору в природе. Условно можно выделить следующий цикл работы такого алгоритма:

- 1) начальная популяция (формирование пула исходных данных);
- 2) скрещивание / мутация (обработка данных);
- 3) сравнение полученного результата (нового поколения) с предыдущим.

Главным недостатком таких алгоритмов является узкая направленность и плохая масштабируемость в плане реализации наблюдателей состояния, из-за чего они получили малое распространение.

В настоящий момент в процессе исследования электромагнитных и энергетических процессов работы системы «преобразователь частоты – асинхронный электродвигатель» возникла необходимость использования наблюдателя состояния, который сможет восстанавливать скорость вращения асинхронного двигателя с высокой точностью и работать как в двигательном, так и генераторном режимах работы. Для решения этой задачи был выбран MRAS-наблюдатель, который отвечает всем требованиям, предъявляемым к решению данной задачи.

УДК 621.3:658.34
КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ВЗРЫВОЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ
ВО ВЗРЫВОНЕПРОНИЦАЕМОЙ ОБОЛОЧКЕ I ГРУППЫ
ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ

Л. Г. ЧЕРНАЯ¹, Ю. И. МАКАРЕВИЧ²

¹Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

²Департамент по надзору за безопасным ведением работ
в промышленности (Госпромнадзор)
Минск, Беларусь

Особенностью взрывозащищенного оборудования I группы взрывобезопасности, выполненного во взрывонепроницаемой оболочке, является контроль его параметров взрывозащиты на соответствие требованиям сертификата, эксплуатационной и ремонтной документации, технического регламента ТР ТС 012/2011 *О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах*, ГОСТ ИЕС 60079-1-2013 *Взрывоопасные среды. Часть 1. Оборудование с видом взрывозащиты взрывонепроницаемые оболочки «d»*.

При выполнении научно-исследовательских работ на ОАО «Беларуськалий» анализировались технические характеристики и конструкция ряда электродвигателей во взрывонепроницаемой оболочке I группы (рудничные взрывозащищенные). По результатам проведенных исследований НИЛ «Взрывозащищенное электрооборудование» разработан руководящий документ «Электрооборудование взрывозащищенное. Руководство по ремонту. ЯЛКД 886.00.000 РК», регламентирующий проведение дефектации, ремонта, технического обслуживания электродвигателей рудничных взрывозащищенных с контролем параметров взрывозащиты взрывонепроницаемых оболочек. Для этих целей создано специальное программное обеспечение Exd-check (версия 0.3.2) для операционных систем Windows, контролирующее параметры зазоров в зависимости от геометрических размеров оболочек и типов механических соединений, основное окно программы показано на рис. 1. Это позволяет повысить качество и надежность контроля взрывонепроницаемых оболочек рудничных электродвигателей с учетом оговоренного в ЯЛКД 886.00.000 РК списка инструментов и приборов.

На основе программы определяются группа, минимальная длина и максимальная ширина щели взрывонепроницаемого зазора с учетом свободного внутреннего объема оболочки, которые предварительно измеряются с помощью микрометра, штангенциркуля или щупа на реальном оборудовании. Требования к указанному инструменту сформулированы в ЯЛКД 886.00.000 РК.

Exd-check версия 0.3.2 - Проверка взрывонепроницаемых соединений

Исходные данные

Объем взрывонепроницаемой оболочки в куб.см

Минимальная длина Exd-соединения мм

Максимальная ширина щели Exd-соединения в мм

Стандарт

ГОСТ 30852.1-2002

ГОСТ Р МЭК 60079.1-2008

Тип взрывонепроницаемого соединения

Плоские

Цилиндрические

Плоскоцилиндрические с цилиндрической и плоской частями

Плоскоцилиндрические с только цилиндрической и частью

Тяги управления и валики

Вали с подшипниками скольжения

Вали с подшипниками качения

Параметры плоскоцилиндрического соединения

с, мм= d, мм= f, мм=

Группа (подгруппа) взрывоопасной смеси, для которой предназначена оболочка

Идентификация подгруппы

Закончить работу с программой

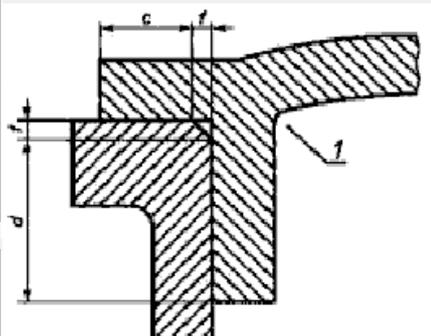


Рис. 1. Окно программы Exd_check (версия 0.3.2) для контроля взрывонепроницаемых соединений

Механическая прочность составных частей взрывонепроницаемой оболочки электродвигателей рудничных взрывозащищенных контролируется путем гидравлических испытаний. Предложен вариант стенда и разработана схема проведения гидравлических испытаний, которым должны быть подвергнуты детали и сборочные единицы взрывонепроницаемой оболочки взрывозащищённого рудничного асинхронного электродвигателя типа dWaEH-450/1-4EN с маркировкой по взрывозащите PB Ex d I Mb.

Указанные мероприятия по контролю параметров взрывозащиты электродвигателей позволяют повысить качество отремонтированного электрооборудования в соответствии с требованиями ГОСТ 31610.19–2014 и обеспечить требуемый уровень безопасности при эксплуатации рудничного взрывозащищенного электрооборудования в подземных выработках шахт и их наземных строениях, опасных по рудничному газу и (или) горючей пыли. Данные методики одобрены Госпромнадзором в рамках договора о взаимном сотрудничестве и внедрены на ОАО «Беларуськалий».

УДК 621.3:658.34
ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННЫХ
СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ

Л. Г. ЧЕРНАЯ¹, А. Е. САЗОНКО²

¹Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

²Департамент по надзору за безопасным ведением работ
в промышленности (Госпромнадзор)
Минск, Беларусь

В настоящее время широкое распространение для освещения технологических установок промышленных предприятий с взрывоопасными средами получают светодиодные взрывозащищенные светильники. Это обусловлено такими преимуществами светодиодных светильников перед светильниками иного типа, как низкий уровень энергопотребления и небольшие массогабаритные показатели. Кроме новых специально спроектированных в качестве светодиодных светильников, широкое применение получают светодиодные заменители ламп накаливания или люминесцентного освещения, которые устанавливаются в корпуса светильников старого образца, ранее применяемых на производстве в соответствии с требованиями ПУЭ шестого издания. При этом не всегда соблюдаются в полной мере требования как ТР ТС 012/2011, ГОСТ 31610.0–2014 и ГОСТ ИЕС 60079-14–2013, так и не учитывается специфика эксплуатации светодиодных светильников с видами взрывозащит «е», «d», «m» или «n», что в конечном итоге может привести к воспламенению взрывоопасной смеси.

Проведенная модификация светодиодных взрывозащищенных светильников требует дополнительной оценки, а именно сертификации оборудования третьей стороной. Перед вводом в эксплуатацию необходимо проверять наличие сертификата у производителя или письменного разрешения сертификационного центра для возможности использования данного типа светодиодной лампы с конкретным типом взрывозащищенного светильника, который изначально не предназначался для их использования; контролировать маркировку взрывозащиты светильника и установленной в него лампы; контролировать требуемые электрические зазоры и пути утечки; состояние оболочки светильника и светопропускающих элементов на предмет отсутствия механических повреждений; контролировать качество присоединения цепей питания и защитного заземления.

Научно-исследовательской лабораторией «Взрывозащищенное электрооборудование» Белорусско-Российского университета разработаны методика оценки взрывобезопасности светодиодных светильников и ламп,

программы проведения необходимых испытаний с учетом требований к применяемым видам взрывозащиты (внедрены на ООО «Альфавива» в рамках хозяйственного договора при создании конструкторской документации для изготовления светильников светодиодных взрывозащищенных «Спектр-Ех» 5 исполнений: Спектр 24Ех УХЛ1, Спектр 36Ех УХЛ1, Спектр 48Ех УХЛ1, Спектр 72Ех УХЛ1, Спектр 96Ех УХЛ1 с маркировкой по взрывозащите 2Ех е тс II Т4 Gc.), создано программное обеспечение Ех_check 2.01 для контроля параметров взрывозащиты светильников с видом взрывозащиты «е» (основное окно программного обеспечения показано на рис. 1).

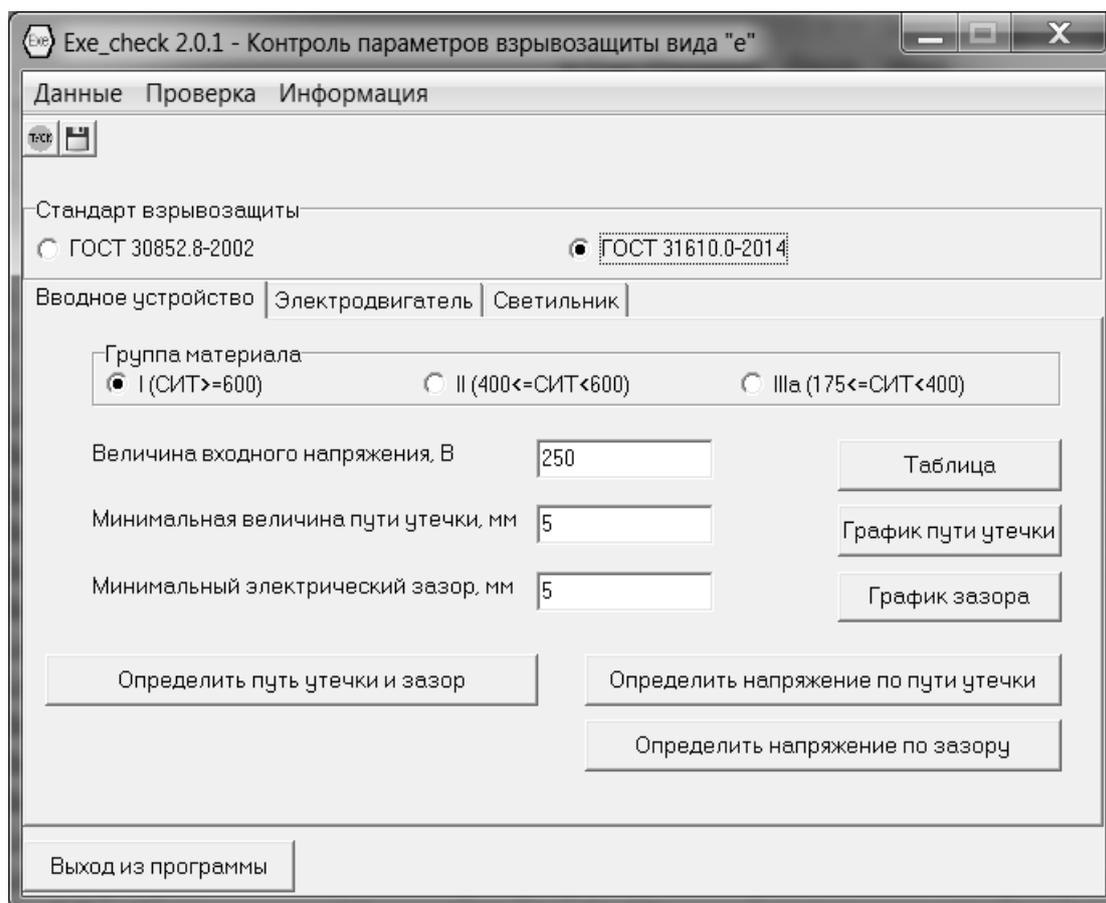


Рис. 1. Программа контроля параметров взрывозащиты вида «е»

Научно-исследовательской лабораторией «Взрывозащищенное электрооборудование» в сотрудничестве с Госпромнадзором выполняется мониторинг промышленных предприятий Республики Беларусь для оценки состояния безопасной эксплуатации взрывозащищенных светодиодных светильников на основе разработанных методик и программного обеспечения.

УДК 664.012
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ
ВАРИАНТОВ ОКАЗАНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ УСЛУГ ПО ЗАКУПКЕ
И ДОСТАВКЕ МОЛОКА

И. В. АКИНШЕВА¹, А. А. ФИЛИППОВА²

¹Белорусско-Российский университет

²Могилевский государственный университет продовольствия
Могилев, Беларусь

С переходом экономики на рыночные отношения возникла и стала развиваться свободная логистическая система связей между поставщиками и потребителями как внутри регионов, так и между регионами.

Цепочка задач, определяемых и решаемых логистической связью, представлена в следующей последовательности: нужный товар; требуемое качество товара; необходимое количество; доставка в заданное время; доставка в нужное место; минимальные затраты на доставку; конкретный потребитель.

В настоящий момент Республика Беларусь отстает в этой сфере деятельности. В соответствии с мировым рейтингом эффективности развития логистических систем Республика Беларусь в 2016 г. заняла лишь 120 место из 160 стран, входящих в рейтинг. В 2017 г. была утверждена Концепция развития логистической системы до 2030 г. Согласно Концепции, Республика Беларусь к 2030 г. должна подняться минимум до 50-й позиции в мировом рейтинге по эффективности оказания и реализации логистических услуг.

Логистические операции требуют точности вычислений ввиду значимости поставленных задач, которые непосредственно связаны с затратами логистических компаний на транспортировку. Компании-разработчики программного обеспечения предлагают программные средства в сфере управления грузоперевозками. Однако разработанные программы являются шаблонными и трудно адаптируются под реальные нужды логистических компаний, особенно транспортирующих скоропортящийся товар, такой как молоко.

Целью представленной работы является реализация и апробация с помощью разработанных программных средств методики, обеспечивающей оценку вариантов оказания логистических услуг по закупке и доставке молока из регионов-производителей.

Актуальность работы обусловлена необходимостью для логистических компаний замены времязатратного и трудоемкого процесса вычисления себестоимости их услуг, дохода от них и рационального выбора из всех потенциальных вариантов оказания логистических услуг в зави-

симости от внутренних факторов ценообразования, а также прогнозирования получения прибыли от логистических операций.

В основу методики выбора варианта оказания логистических услуг положены расчетные формулы, учитывающие следующие экзогенные переменные:

- 1) расстояние от предприятия, оказывающего логистические услуги, до места закупки молока у производителей;
- 2) расстояние от места закупки до закупочного предприятия;
- 3) характеристики транспортных средств (молоковозов) исходя из объема перевозимого молока;
- 4) величина расхода топлива каждого молоковоза на 100 км;
- 5) стоимость одного литра топлива;
- 6) состав молока по жирности, белку.

При анализе полученной методики были произведены в разработанной программе расчеты прибыли организации-поставщика логистических услуг по вышеуказанным показателям с поочередным изменением следующих величин:

- 1) расстояние до региона закупки молока;
- 2) молоковоз, используемый при доставке продукта;
- 3) сорт перевозимого молока.

Чтобы упростить процесс вычисления прибыли от потенциально возможного перечня осуществления логистических услуг и выбрать наиболее выгодный вариант их оказания, предложена программная реализация разработанной методики на языке программирования Java.

Согласно полученным данным, наиболее выгодным для организации вариантом закупки, доставки и последующей продажи молока является тот, у которого расстояние до пункта закупки наименьшее и сорт перевозимого молока наивысший. И для достижения большей прибыли следует использовать молоковоз с самой объемной цистерной при транспортировке молока. На основе вводимых в программу экзогенных переменных, указанных в методике, производится автоматизированный расчёт всего комплекса логистических услуг (транспортные расходы, закупочная цена партии, себестоимость услуги, цена логистической услуги и наиболее важный показатель – прибыль) по разработанным алгоритмам. Получив значения прибылей каждого из потенциально возможных вариантов, пользователь может сделать выбор в пользу наиболее прибыльного.

Выполненная разработка может найти практическое применение при дальнейших расчетах всего комплекса оказываемых логистических услуг по закупке и доставке молока, а также при прогнозировании развития деятельности предприятий соответствующей специализации.

УДК 66.011:745.522.2

КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИИ О РЕЗУЛЬТАТАХ
УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ

Е. М. БОРЧИК

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Рассматривается производственный процесс крашения тканей набивным способом (ПП КТНС) на примере данных ОАО «Моготекс» (рис. 1). Выходными параметрами имитационной модели (ИМ) ПП КТНС являются: T – время; стоимость ресурсов: S – общая стоимость ресурсов, включающая стоимость химикатов S_{Xim} и стоимость энергоресурсов S_{EnRes} . S_{EnRes} включает стоимость электроэнергии S_{ElEn} , стоимость пара S_{Par} , стоимость газа S_{Gaz} . Экономический эффект оптимизации ΔT , ΔS определяется по формулам $\Delta T = T^* - T$, $\Delta S = S^* - S$, где T , S – оптимальные в соответствии с заданными критериями оптимизации значения времени и стоимости ПП КТНС; T^* , S^* – значения времени и стоимости для настроек эталонного варианта ПП КТНС, применяемого в данный момент времени на производстве.

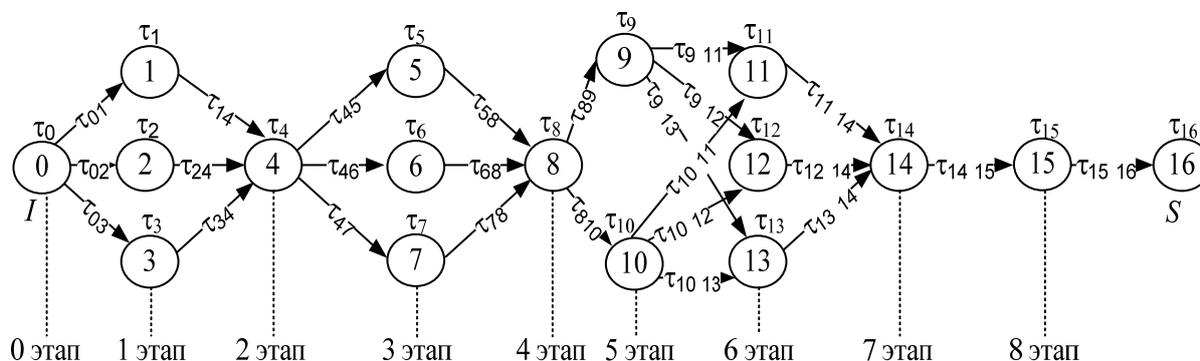


Рис. 1. Поточковый граф ПП КТНС с технологическим режимами

В исследовании проведено моделирование ПП КТНС с учетом данных двух рассматриваемых расчетных временных периодов – период 1 и период 2 – с разницей в 1 год.

В технологических режимах производственного процесса могут использоваться как основные химикаты (моющие вещества и др.), так и их аналоги, которые не совпадают по концентрации, но различны по стоимости, поставщику, стране происхождения.

В одном из пунктов исследования ПП КТНС проведено определение чувствительности общей стоимости обработки ткани к замене основных химикатов на химикаты-аналоги и, соответственно, к изменению цен

на ресурсы. Исследование показало следующее: при значительном (до 100...140 %) изменении стоимостей при замене основных химикатов на химикаты-аналоги общая стоимость обработки ткани в производственном процессе крашения тканей меняется незначительно (увеличение стоимости ПП КТНС до 5 %). Данный вывод позволил рассматривать технологические режимы (ТР), использующие химикаты-аналоги наряду с ТР, использующими основные химикаты. Обоснована возможность дополнения базового графа ПП КТНС (математической модели) до расширенного графа ПП КТНС, учитывающего ТР с основными химикатами и с химикатами-аналогами, что позволило в результате решения оптимизационной задачи определить оптимальные сочетания ТР для данного технологического процесса с указанием конкретных наименований оптимальных используемых химматериалов. Все исследуемые вещества (химматериалы) допустимы для данного технологического процесса, продукция качественна.

Вторым пунктом исследования являлся качественный анализ результатов моделирования ПП КТНС: определение чувствительности стоимости обработки ткани к изменению цен на пар, электроэнергию, газ, химикаты, все энергоресурсы одновременно соответственно. Исследование показало следующее. При значительном изменении общей стоимости химматериалов (до 90 %) общая стоимость меняется незначительно (рост стоимости до 30...32 %). Рост стоимости энергоресурсов в рассматриваемом периоде оказал большее влияние на общую стоимость продукции (рост стоимости до 50...55 %) по сравнению с химматериалами. Можно сделать следующий вывод: при управлении ПП КТНС и оптимизации стоимости продукции большего внимания требует учет расхода энергоресурсов, оптимизировать который возможно и за счет правильного выбора оборудования для выполнения технологических операций по обработке продукции (ткани). Анализ отдельных энергоресурсов показал большее влияние изменения стоимости пара (значительное увеличение) на общую стоимость продукции по сравнению со стоимостью газа. Таким образом, при выборе технологического оборудования, использующего в своей работе преимущественно пар либо газ, оптимальным вариантом оказывается использование газа (оборудование Unitech).

Заключение. При изменении цен на химматериалы в случае замены основных химикатов ТР на химикаты-аналоги до 139 % за период 1 исследования и до 109 % за период 2 общая стоимость ресурсов ПП КТНС изменяется до 5 % (период 1) и до 3 % (период 2) соответственно. Изменение цен на химматериалы ТР ПП КТНС от периода 1 к периоду 2 оказывает меньшее влияние на изменение общей стоимости ресурсов ПП КТНС по сравнению с влиянием на общую стоимость ресурсов изменения цен на энергоресурсы.

УДК 004
МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «ОСНОВЫ АЛГОРИТМИЗАЦИИ»

Е. М. БОРЧИК, И. И. СИНКЕВИЧ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Тенденции развития мировой экономики указывают на стремительный рост информационных технологий, которые распространяются во все сферы производства, из чего следует общая потребность в специалистах, способных использовать информационные технологии на практике. Из потребности в специалистах следует высокая оплата труда и качественные условия работы. Все больше людей желает получить работу в сфере IT, однако порог вхождения в данную сферу достаточно высок. Представленный проект «Основы алгоритмизации» предназначен для более легкого и эффективного обучения студентов базовым навыкам понимания алгоритмов с целью возможности в дальнейшем самостоятельного получения знаний в сфере IT.

Целевой аудиторией проекта являются учащиеся школ, гимназий и лицеев, интересующиеся программированием, но не имеющие базовых знаний в сфере IT. При получении знаний об алгоритмизации на уроках информатики существует проблема в их усвоении вследствие абстрактности темы и отсутствии очевидной области применения, недостаточной наглядности в процессе выполнения алгоритма компьютером. Из-за этого обучаемый, написавший программу следуя примеру из учебника, не осознает принципов, по которым компьютер выполняет алгоритм, даже на интуитивном уровне.

Процесс обучения в мобильном приложении «Основы алгоритмизации», имеющем игровой вид с простым и наглядным редактором алгоритма, обогащается наглядностью и дополнительной мотивацией. Интерфейс редактора удобен как для мобильного устройства, так и для персонального компьютера. В процессе создания алгоритма используется мышь или в случае мобильных устройств сенсорный экран, что облегчает процесс создания алгоритма в отличие от стандартного ввода с клавиатуры. Этим исключаются начальные проблемы в освоении программирования, такие как неправильное написание ключевых команд, отсутствие точки с запятой или операторов, структурирующих код, организуя его в блоки. На рис. 1 представлен интерфейс редактора, состоящий из двух панелей для алгоритма и переменных соответственно.

В проекте игровая составляющая состоит в формулировке задач. Каждая задача является игровым уровнем, в котором необходимо составить алгоритм для робота, чтобы достичь поставленных в уровне целей. Уровни устроены так, что требуют от игрока использования

различных инструментов алгоритмизации, таких как ветвление и использование циклов. Для этого в уровнях используется элемент случайности. Таким образом, алгоритм, в котором не применяется ветвление, не достигнет поставленных целей, встретившись с незапланированными препятствиями, нарушающими ход выполнения алгоритма. Также для подталкивания игрока к использованию циклов в соответствующих уровнях в структуре уровня препятствия будут образовывать лабиринт, пройти который можно как используя большое множество простых операций, так и заметив закономерность и использовав цикл, упрощающий алгоритм в несколько раз.

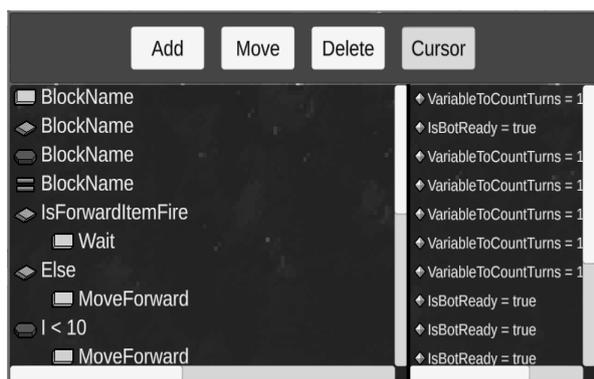


Рис. 1. Пользовательский интерфейс редактора алгоритма

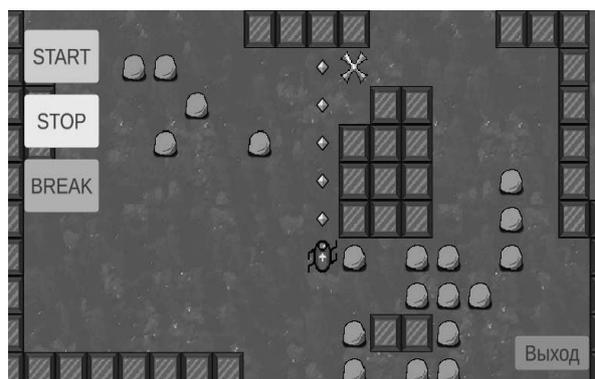


Рис. 2. Игра в режиме выполнения алгоритма

Приложение дает наглядность и понимание того, как компьютер выполняет алгоритм. Вся последовательность действий, описанная игроком в алгоритме, наглядно выполняется роботом в игровом режиме. Пользователь видит очевидную зависимость между своим алгоритмом и действиями робота в игре. Это дает пользователю интуитивное понимание работы программ в будущем. На рис. 2 показан типичный игровой уровень.

Уровни в приложении построены последовательно – от простого к сложному. Каждый уровень имеет свой список допустимых операций, которые можно использовать при создании алгоритма. Таким образом, в первых уровнях будут доступны только базовые операции перемещения и поворота робота, а в более поздних для создания алгоритма будет доступен весь возможный перечень операторов.

При разработке приложения использована платформа Unity. Данная платформа позволяет создавать кроссплатформенные приложения и систему можно легко адаптировать под Android, iOS и Windows для расширения круга пользователей.

УДК 004.932.72'1

НИЗКОРЕСУРСОЕМКИЙ АЛГОРИТМ ПОДСЧЕТА МОНЕТ НА ИЗОБРАЖЕНИИ

К. С. КУРОЧКА, А. И. ДЕМИДОВ, К. А. ПАНАРИН

Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого
Гомель, Беларусь

Одной из актуальных современных задач в области создания систем компьютерного зрения является задача распознавания образов и классификации объектов. В настоящее время значительно расширяется область применения машинного зрения, которое всё чаще и чаще используется в повседневной жизни и быту рядовыми пользователями электронных устройств. Одновременно с этим развитие компьютерной промышленности стимулирует попытки уменьшить размеры персональных компьютеров и увеличить их производительность. Это привело к появлению и популяризации одноплатных компьютеров (SBC – single board computer).

В отличие от традиционных персональных компьютеров, одноплатные компьютеры часто не требуют установки каких-либо дополнительных периферийных плат. Некоторые одноплатные системы изготовлены в виде компактной платы с процессором и памятью, устройствами ввода-вывода. Одноплатные компьютеры стали толчком для создания независимых мобильных решений, способных функционировать в критических для полноценного персонального компьютера условиях.

Для локализации объектов классически используются гистограммы, НОГ и методы сегментации, однако приемлемые результаты такой подход дает только на изображениях высокой контрастности с низким уровнем шумов и побочных объектов. Использование сверточной нейронной сети на основе регионов (рис. 1) позволит значительно сократить временные затраты при низких требованиях к вычислительным мощностям и сохранении высокой точности нахождения объектов. Распознавание осуществляется с использованием сверточной нейронной сети, обученной на подготовленном заранее корпусе изображений.

Принцип работы сети (рис. 2) состоит в разбиении изображения на фиксированные области, в которых затем происходит поиск наличия объекта. Соседние ячейки, содержащие части одного объекта, объединяются. После объединения обнаруженные объекты передаются классификатору. Таким образом, классификатору передаются лишь фрагменты изображения, гарантированно содержащие объекты, а не все изображение. Данный подход позволяет снизить требования к ресурсам системы.

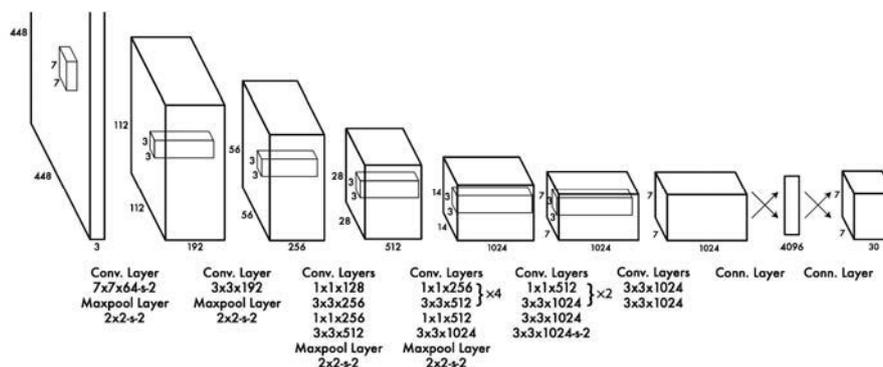


Рис. 1. Модель сети

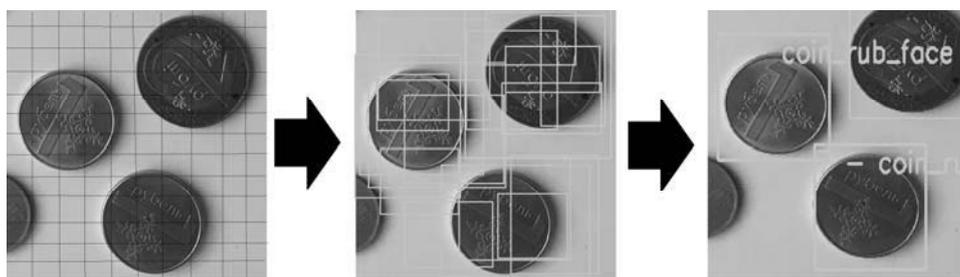


Рис. 2. Пример работы сети

В качестве платформы для создания программного обеспечения использовались Asus TinkerBoard и Orange Pi 2, Banana PI M1. Данные устройства являются представителями верхнего и нижнего сегментов одноплатных компьютеров соответственно. TinkerBoard содержит процессор на базе ARM RK3288 SoC с частотой 1,8 GHz, графический ускоритель Mali™-T764 и 2 Гбайт ОЗУ. Orange Pi 2 имеет процессор H3 Quad-core Cortex-A7, графический ускоритель Mali400MP2 и 1Gb ОЗУ. Banana PI M1 построен на базе Allwinner A20. На данной плате установлены двухъядерный процессор с частотой до 1,0 ГГц и с графическим процессором Mali-400 MP2, 1 Гбайт DDR3 SDRAM оперативной памяти.

В результате проведенной работы были исследованы качество распознавания и скорость работы алгоритма на различных одноплатных компьютерах с различными параметрами обучения сети. Данное решение имеет практическое применение в сферах, связанных с детектированием наборов объектов на изображении или в видеопотоке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rankin, K. LJ Tech Editor's Personal Stash of Raspberry Pis and Other Single-Board Computers / K. Rankin // Linux Journal. – 2018. – № 5. – С. 88–92.
2. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection / R. Joseph [et al.]. arXiv:1506.02640.

УДК 004

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ
БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Т. М. ЛОБАНОВА, А. Ю. ДАВЫДЮК

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Целесообразность автоматизации бизнес-процессов путем внедрения модуля «1С:Предприятие 8. Управление автотранспортом ПРОФ» рассмотрена на примере автотранспортной организации ОАО «Автомобильный парк № 3», основным видом деятельности которой является перевозка грузов по Могилеву, Республике Беларусь, России и Западной Европе для юридических и физических лиц.

Автоматизации подвергся участок работы диспетчеров, в частности были выделены следующие бизнес-процессы: формирование заявки на перевозку груза, оформление документов на перевозку груза, подготовка водителя и транспортного средства к рейсу, формирование отчетной документации.

В результате внедрения модуля была проведена оптимизация бизнес-процессов, что уменьшило время на обработку отчетов и увеличило их возможное количество, а значит, в последующем дало возможность сэкономить ресурсы.

По результатам проведенной работы произведено сокращение времени выполнения бизнес-процессов, устранены или сокращены операции, которые не добавляют ценности, а также проведен анализ эффективности бизнес-процессов после проведения оптимизации.

Для определения общей экономии времени на выполнение данных бизнес-процессов была проанализирована информация о количестве путевых листов по месяцам за 2018 г. С учетом работы в отделе четырех диспетчеров и, соответственно, их годового фонда рабочего времени процент занятости рассматриваемыми бизнес-процессами до внедрения модуля колебался в разные месяцы от 72 до 88 %, после внедрения – от 12 до 17 %. Без внедрения информационной системы уже незначительное увеличение заказов будет вызывать необходимость нанимать дополнительно работников.

Рассчитана сумма затрат на оплату труда диспетчеров в среднем на 1 рейс за 2018 г. – 42,54 р. При сохранении существующего роста объемов заказов на 11 % в год на каждый рейс сумма заработной платы диспетчеров будет составлять 38,32 р.

Таким образом, в результате внедрения специализированного модуля 1С происходит снижение накладных расходов предприятия.

УДК 004.94

ОБУЧАЮЩАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ИГРА ПО ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

А. В. ШИЛОВ, С. О. ШАМΠΑНОВ, С. А. ЯМЩИКОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Для обеспечения безопасности при пользовании электрическим оборудованием, аппаратурой и электроустановками на предприятии должны быть реализованы организационные и технические мероприятия, призванные защитить людей от поражения электричеством. При этом важным является обучение персонала путем моделирования опасных ситуаций в игровой форме с использованием современных информационных технологий.

В лаборатории «Программирование» – точке роста кафедры «Автоматизированные системы управления» – на примере обучающей компьютерной игры для детей разработана методика моделирования опасных ситуаций по обучению правилам электробезопасности.

Процесс проектирования начинается с разработки сценария и раскадровки сцен. Затем художники детально прорабатывают каждую часть проекта в виде 2D-моделей (рис. 1).

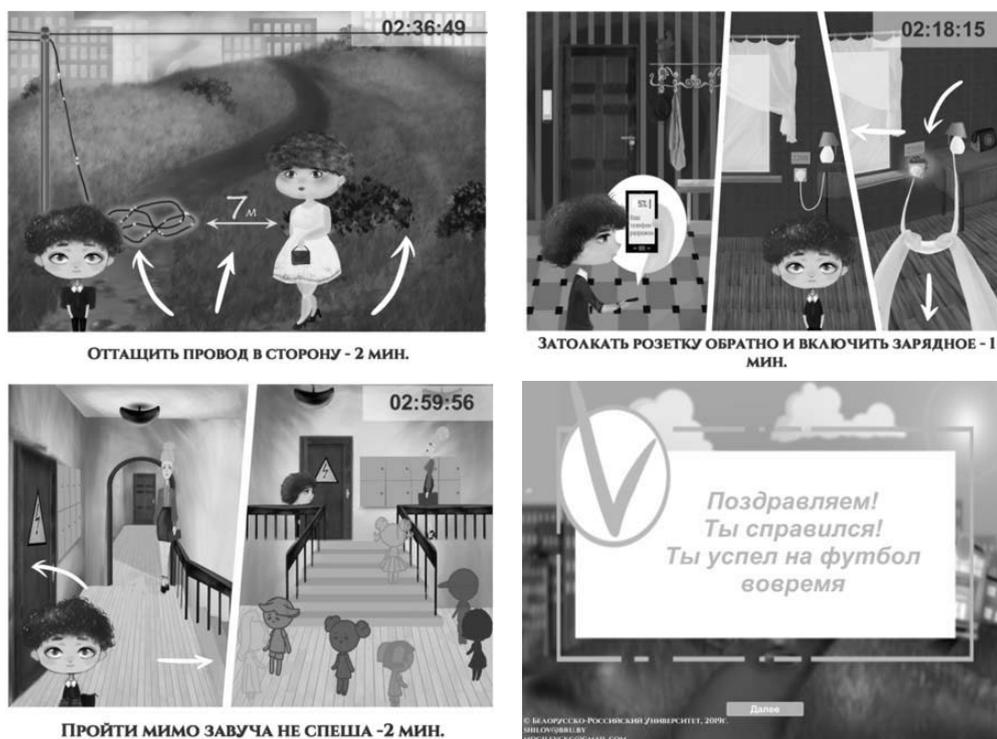


Рис. 1. Основные сцены компьютерной игры по электробезопасности

Когда вся визуальная часть игры готова, программист собирает основную часть проекта в движке Unity или Unreal Engine 4, организует взаимодействие элементов игры между собой.

В процессе разработки использовались два языка программирования: C# (Unity) и Blueprints (Unreal Engine 4). На Unity программный код представлен в виде скриптов. Они активируют игровые события, изменяют параметры компонентов, отвечают за ввод. Blueprints представляет собой блоки (Nodes), которые взаимодействуют между собой и реализуют поставленную задачу, события, ввод и вывод данных и др. Данный метод написания программного кода не уступает по функциональности другим языкам программирования.

На заключительном этапе тестировщик выявляет недоработки, что позволяет получить высокое качество игры (см. рис. 1).

Определены основные направления проектирования обучающих компьютерных игр:

- 1) разработка игровых приложений на Unity и Unreal Engine 4;
- 2) разработка Digital-дизайна в Maya, Zbrush, Substance Painter и Adobe Photoshop.

Данные проекты будут актуальны при проведении профилактической работы по предупреждению электротравматизма в общеобразовательных школах. После завершения игрового процесса инспектор Энергонадзора будет проводить общий анализ результатов прохождения игры учащимися с дополнительным разъяснением ключевых моментов.

Обучающие компьютерные игры позволяют решать следующие задачи.

1. Формирование у детей понимания важности соблюдения правил энергосбережения и электробезопасности.
2. Повышение эффективности подачи учебной информации по основам энергосбережения и электробезопасности за счет создания игровых моделей реальных ситуаций.

Методика интерактивного обучения школьников основам энергосбережения и электробезопасности, отличающаяся игровой формой подачи информации, позволяет повысить эффективность усвоения учебного материала с учетом возрастных особенностей, сделать более интересным процесс подачи информации.

Обучающая игра по основам энергосбережения и электробезопасности выполнена в рамках хозяйственного договора с РУП «Могилеэнерго».

УДК 004.94

СЕТЕВАЯ ВЕРСИЯ ПРОГРАММНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ИМИТАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Е. А. ЯКИМОВ, Н. В. БОЖКОВ, Е. В. СИЛКОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Объектом исследований является сетевая версия программно-технологического комплекса имитации производственных систем.

Цель работы: разработка многопользовательской веб-системы для эксплуатации имитационной модели производственной деятельности промышленного предприятия.

Новизна разработки: состоит в реализации многопользовательской системы, позволяющей работать с имитационной моделью без установки специализированных программ, а также организовывать совместную работу сотрудников одного и того же предприятия с имитационными моделями этого предприятия (рис. 1).

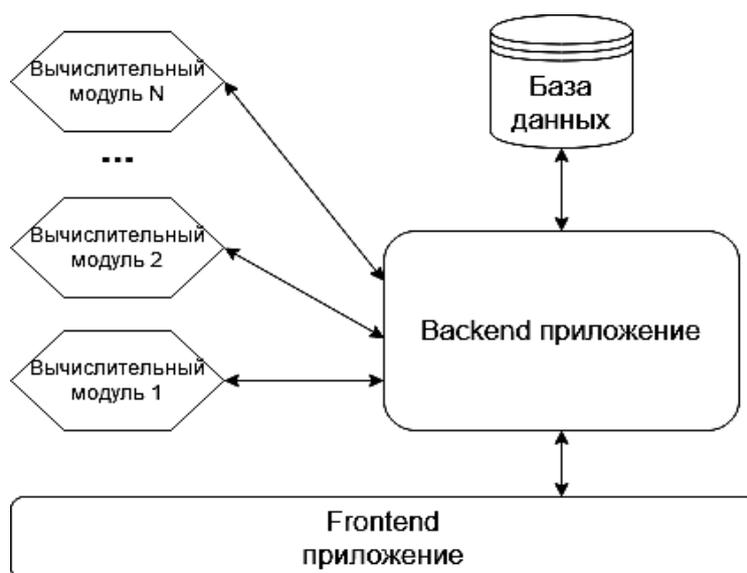


Рис. 1. Диаграмма развертывания программного комплекса

Первым компонентом является Frontend приложение – та часть, с которой непосредственно взаимодействует пользователь в браузере. Этот компонент представляет приложение SPA (Single Page Application), разработанное на следующем стеке технологий:

- 1) ReactJS – JavaScript фреймворк – для создания веб-приложений;
- 2) React Bootstrap – набор UI-компонентов;
- 3) MobX – библиотека управления состоянием приложения;
- 4) TypeScript – язык программирования, добавляющий строгую типизацию и расширяющий JavaScript.

Приложение написано с использованием компонентного подхода, что уменьшает сложность разработки и последующей доработки за счет изоляции связанных групп кода, выполняющих общую функциональность в пределах контекста.

Для промышленного развертывания этого компонента достаточно использования простого веб-сервера (например, Apache HTTP Server), так как компонент представляет собой набор статических файлов, которые отдаются пользователю по протоколу HTTP.

Вторым и главным компонентом системы является Backend-приложение. Оно отвечает за обработку запросов от пользователя, отправляемых через Frontend-приложение, за взаимодействие с базой данных и вычислительным модулем, за разграничение прав доступа, т. е. за всю бизнес-логику системы (кроме непосредственной имитации процессов).

Компонент написан с использованием технологии .NET Core, что позволяет запускать его как на операционной системе Windows, так и Linux. Для разворачивания компонента требуется только установленный фреймворк .NET Core 2.2, а также (в случае запуска на ОС Linux) обратный прокси-сервер nginx.

Третьим компонентом является база данных. Для соответствия предъявляемым требованиям определена СУБД PostgreSQL, которая является бесплатной и может быть установлена как на Windows, так и на Linux.

Четвертым компонентом является вычислительный модуль. На рис. 1 изображено несколько таких модулей, но они являются идентичными (такие модули могут быть одновременно запущены на множестве серверов и при этом подключены к одному и тому же Backend-приложению). Это позволяет значительно ускорить работу за счет формирования очереди из экспериментов и распараллеливания процесса выполнения этих экспериментов между несколькими серверами. Иначе говоря, в Backend-приложении формируется очередь запросов на прогон модели и каждый вычислительный модуль, когда он свободен, может забрать себе этот запрос, обработать его и вернуть результаты в Backend-приложение. Чем больше таких модулей, тем больше моделей может обрабатываться одновременно.

Вычислительный модуль представляет собой программу BelSim (написана на C++), которая принимает входные параметры в виде XML-документа и возвращает результаты в виде нового XML-файла, а также приложение-обертку, написанное на .NET Framework 4. Приложение-обертка отвечает за взаимодействие с программой BelSim и Backend-приложением.

Особым требованием развертывания, предъявляемым к этому компоненту, является необходимость использования русскоязычной системы Windows, что обусловлено кодировкой, выбранной при разработке программы BelSim.

УДК 004.42:669
 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ
 РАСКРОЯ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА

Е. А. ЯКИМОВ, Д. А. ДЕНИСЕВИЧ
 Белорусско-Российский университет
 Могилев, Беларусь

Для оценки эффективности методов решения задачи раскроя необходимо применить ряд количественных критериев. В классической постановке задачи основным критерием оценки эффективности алгоритмов получения карт раскроя является максимальное значение коэффициента использования материала – отношение суммы площадей полученных изделий к площади исходного листового материала.

Предложен способ сравнения алгоритмов при решении задач одномерного раскроя по критерию «бесполезный материал».

Критерий «бесполезный материал» P – разница площади прямоугольника, охватывающего все изделия на листовом материале, и суммы площадей на листовом материале изделий (рис. 1).

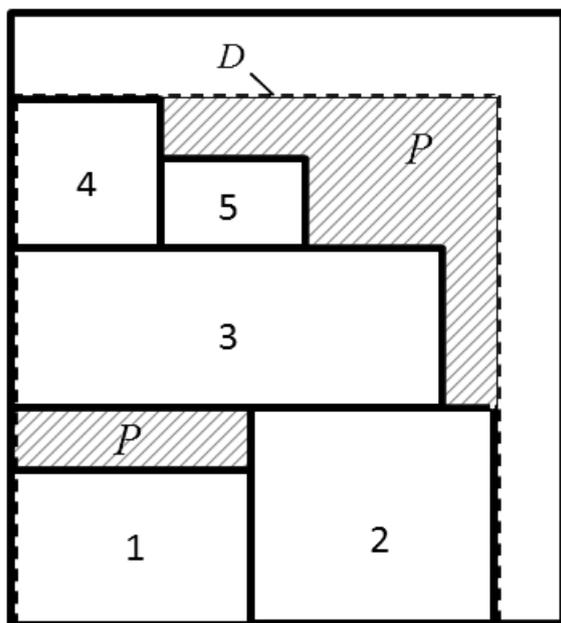


Рис. 1. Карта раскроя листового материала: P – «бесполезный материал»; D – прямоугольник, охватывающий все изделия

Представлены результаты исследования трех алгоритмов: первый подходящий, первый подходящий с упорядочиванием и генетический. Полученные таким образом в результате исследований экспериментальные данные позволяют провести анализ решения задачи раскроя по критерию «бесполезный материал» (P , м²) и времени (T , с) ее решения каждым алгоритмом.

Предложено провести три эксперимента с каждым алгоритмом.

Пусть $N = \{N_1, N_2, \dots, N_n \mid n = |N|\}$ – множество изделий, которое требуется изготовить из листового материала площадью S .

Каждое изделие N_i , $i = 1, \dots, |N|$ имеет ширину W_i , длину L_i , площадь $s_i = W_i \cdot L_i$, $0 < s_i \leq S$, $i = 1, \dots, |N|$.

В эксперименте 1 заказаны изделия с одинаковыми размерами: $W_i = 1$ м, $L_i = 1$ м, $i = 1, \dots, 10$. Площадь каждого изделия $s_i = 1$ м², $i = 1, \dots, 10$. Изделия укладываются на листовом материале шириной $W = 2$ м и длиной $L = 5$ м без отходов. Эксперимент используется для тестирования программного обеспечения, реализующего алгоритм раскроя.

В эксперименте 2 заказаны семь изделий с размерами, отличающимися не более, чем в 2 раза. В эксперименте 3 заказаны 15 изделий со значительными отличиями по размерам до 5 раз (табл. 1).

Табл. 1. Исходные данные для второго и третьего экспериментов

Эксперимент 2				Эксперимент 3			
Номер изделия (кол-во)	W_i , м	L_i , м	s_i , м ²	Номер изделия (кол-во)	W_i , м	L_i , м	s_i , м ²
1-2 (2)	1,0	1,5	1,5	1-5 (5)	0,4	0,5	0,2
3 (1)	0,7	1,5	1,05	6-10 (5)	0,4	0,5	0,2
4 (1)	0,8	1,5	1,2	11-12 (2)	1,0	1,0	1,0
5 (1)	1,2	1,0	1,2	13 (1)	1,5	0,7	1,05
6 (1)	0,8	1,0	0,8	14 (1)	1,0	1,3	1,3
7 (1)	1,0	1,0	1,0	15 (1)	0,7	1,3	0,91

Программное обеспечение алгоритмов реализовано на языке JavaScript с использованием библиотеки React. Эксперименты выполнены на компьютере с процессором Intel Core i5 3230M 2,6 ГГц, ОЗУ 6 ГБ (табл. 2).

Табл. 2. Результаты исследования алгоритмов раскроя

Алгоритм	Эксперимент 1		Эксперимент 2		Эксперимент 3	
	T , с	P , м ²	T , с	P , м ²	T , с	P , м ²
Первый подходящий	0,004	0	0,006	1,75	0,006	2,29
Первый подходящий с упорядочиванием	0,006	0	0,006	1,75	0,006	1,74
Генетический	12,77	0	7,99	1,12	78,81	1,07

Выполненные исследования показывают, что генетический алгоритм по быстродействию уступает исследуемым первому подходящему и первому подходящему с упорядочиванием алгоритмам и превосходит их по критерию «бесполезный материал». Однако в производственных условиях критерий быстродействия в поиске лучшего решения не является приоритетным для раскроя листовых материалов.

УДК 004.94

WORLD SKILLS 2020: ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ПРОГРАММНЫХ РЕШЕНИЯХ ДЛЯ БИЗНЕСА

А. И. ЯКИМОВ, Д. С. ИГНАТОВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

WorldSkills – это международное движение, занимающееся проведением профессиональных соревнований для молодых людей в возрасте до 22 лет. Эффективное использование программного обеспечения требует практических и теоретических знаний. ИТ-специалист также должен уметь решать возникающие проблемы. Этот специалист досконально знает особенности работы с различными текстовыми редакторами, базами данных, таблицами и программным обеспечением презентационной графики. Он продуктивно планирует свою работу, знает признанные отраслевые стандарты, умеет связывать данные различных программ и создавать видео-, звуковые и анимационные файлы, чтобы обеспечивать высокое качество обслуживания клиентов.

По опыту проведения соревнований следует отметить, что программа соревнований является модульной, на каждый модуль отводится один соревновательный день, чтобы можно было производить суммарное оценивание. К каждому проекту программы соревнований должны прилагаться критерии оценивания. В первый день соревнований окончательная программа соревнований раздается Экспертам. Начиная с этого времени допускается передача программы соревнований Участникам. Критерии оценивания также выдаются Экспертам и Участникам. Обнародование критериев оценивания: Участникам предоставляется краткий обзор критериев оценивания. Полностью критерии оценивания предоставляются только Экспертам по причине того, что подробные критерии оценивания содержат решения к заданиям из программы соревнований.

По итогам прошедших отборочных туров соревнования WorldSkills 2020 участники отмечают ряд замечаний с целью последующего улучшения качества проведения конкурса. По поводу предложенных заданий: некоторые из заданий не были явно указаны, хотя упомянуты в качестве критерия, например, обязательная загрузка предложенного списка в базу данных, а также противоречивость заданий критериям оценки (отсутствие комментариев – снимается 2 балла, хотя в задании было указано – излишние комментарии должны отсутствовать).

В критериях также было указано, что за использование системы контроля версий, отсутствующей в правилах соревнования, даются баллы. Так как критерии появились после первой сессии и группа экспертов не прочла их должным образом, Участники не имели возможности

воспользоваться данным инструментом (рис. 1).

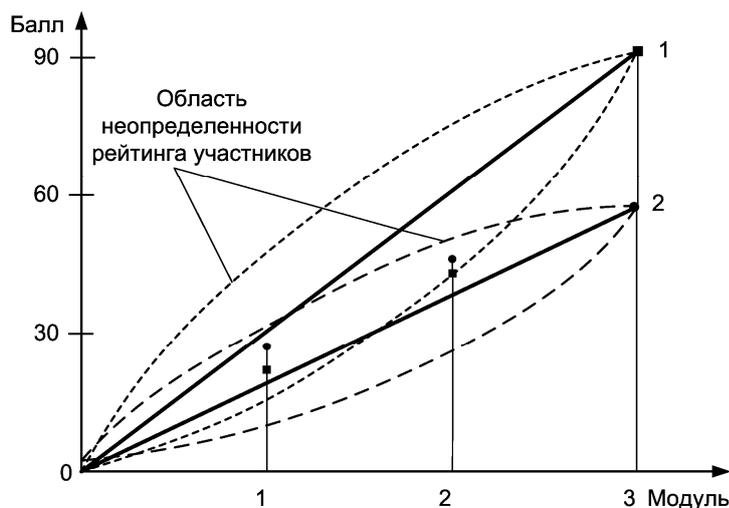


Рис. 1. Модель оценки рейтинга участников

ние длилось почти целый день, необходимо было перенести сессию с проверкой сделанного на следующий день, где участники могли бы аргументировать свой выбор при создании некоторых фрагментов приложения.

Так как критерии, по которым эксперты оценивали работу участников, в большинстве своем содержали пункты, ориентированные на количество сделанного, необходимо было сообщить участникам о цели проводимого конкурса. По критериям можно заметить, что большее внимание уделялось количеству, а не качеству созданного приложения. Компетенции «Программные решения для бизнеса» свидетельствуют о том, что проектируемое ПО должно не только обладать необходимыми функциями, но и разрабатываться с пониманием проектируемой архитектуры, используя лучшие практики программирования для обеспечения масштабируемости, поддерживаемости, безопасности, тестируемости и прозрачности созданных компонентов. При большом количестве форм, необходимых для проектирования, упускаются детали, на ходу создается база данных, структура которой, да и само приложение, впоследствии будет являться причиной того, что оно не будет функционировать правильно в полной мере.

Основное, что хотелось бы заметить – игнорирование качества кода. Основная цель соревнования – скорость. В итоге первое место занимает ПО, созданное из некачественного кода, однако с огромным функционалом, который, наиболее вероятно, не будет работать верно (см. рис. 1).

Для улучшения качества образования (данная цель заявлена в документах соревнования) следует заметить, что «качество» – ключевое слово. Крупные ИТ компании уделяют большое внимание используемым инструментам для проектирования, качеству кода, его переиспользованию и соответствию лучшим практикам программирования. ПО должно проектироваться для обеспечения его последующего использования и поддержки.

Большая часть критериев содержала в себе спорные моменты. Каждый из Экспертов мог субъективно оценить верность сделанного. Для правильности данные критерии должны были бы отсутствовать либо же участники должны были иметь возможность для защиты спроектированного ПО. Так как соревнования длилось почти целый день, необходимо было перенести сессию с проверкой сделанного на следующий день, где участники могли бы аргументировать свой выбор при создании некоторых фрагментов приложения.

УДК 004.94

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЕДИНИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

А. И. ЯКИМОВ, Н. П. СКРЫЛЕВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Единичное производство – это производство, при котором изделия изготавливаются в небольших количествах, при этом повторного изготовления этих изделий или не бывает, или бывает через такие периоды, что всякая связь между их изготовлением теряется. Типичными примерами единичного производства являются экспериментальные заводы или экспериментальные цехи крупных заводов, а также все ремонтные заводы, мастерские и ремонтные цехи заводов.

Единичное производство характерно тем, что в нем широко практикуется разметка деталей перед их обработкой, а специальные приспособления не применяются, т. к. их изготовление увеличивает стоимость обработки детали. В единичном производстве применяют самое разнообразное оборудование, состоящее в основном из универсальных станков.

Процесс организации единичного производства на предприятии, выпускающем металлоконструкции, может быть представлен моделью системы массового обслуживания (СМО) (рис. 1).

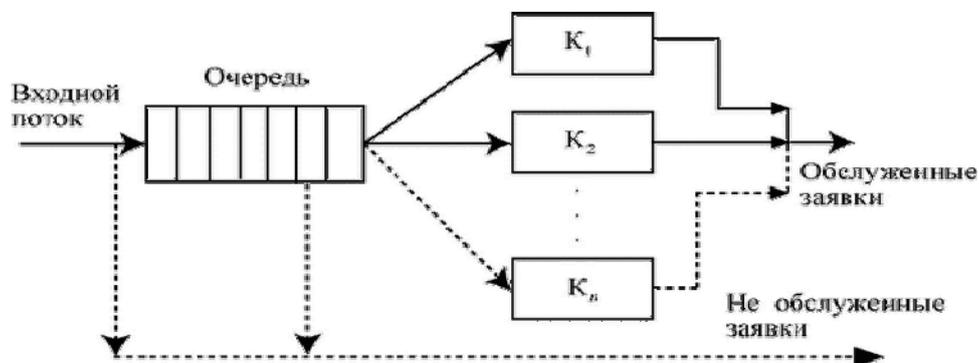


Рис. 1. Модель единичного производства металлоконструкций

Модель единичного производства в виде СМО можно описать следующими показателями: организация отбора заявок: неизвестно; характер образования очереди: с ожиданием; наличие ограничений на очередь: нет; дисциплина очереди: без приоритета; правило отбора заявок: случайное; количество каналов: многоканальное; характеристики каналов: неоднородные; расположение каналов: параллельно.

Проблема данного представления в том, что оно не учитывает важную особенность процесса вырезки заготовок – появление большого количества

отходов. На самом производстве эти отходы полностью списываются в утиль, хотя некоторая их часть могла бы быть использована повторно. Из-за отсутствия учета отработанного металла, который можно использовать в производстве, предприятие теряет потенциальную прибыль.

Решение задачи учета отходов выявило проблему, которая характерна не только для единичных, но и для многих других производств на территории СНГ: использование для своих внутренних расчётов стандартных средств Microsoft Excel вместо СУБД, выигрывающих по мощности и степени организации больших данных. Поэтому для решения задачи автоматизации требуется создание такого программного продукта, который бы хранил используемые предприятием данные в СУБД и при этом поддерживал интерфейс Microsoft Excel для взаимодействия с пользователем.

Для достижения вышеобозначенных целей создана база данных, которая будет содержать актуальную информацию о производстве. Использована следующая технология переноса данных из Microsoft Excel в SQL Server 2012.

1 Через объект OpenFileDialog (окна, предлагающего открыть файл) получается указанный пользователем файл с расширением .xls или .xlsx.

2 С помощью объекта Excel.Application файл открывается в Excel.ObjWorkBook и из него извлекается объект листа Excel.ObjWorkSheet. Поле Excel.ObjWorkSheet.Cells представляет собой матрицу, содержащую ячейки листа.

3 Соединение с базой данных реализуется посредством объекта SqlConnection, которому при создании даётся строка соединения (создаётся исходя из относительного местоположения базы данных и её названия).

4 Создаётся объект SqlCommand, который будет хранить в себе параметры команды для исполнения. Сама команда является хранимой процедурой SQL Server.

5 Наиболее ответственный шаг: к SqlCommand один за другим добавляются параметры – сначала наименование поля из таблицы целевой базы, затем значение из соответствующего поля Cells объекта Excel.ObjWorkSheets. Добавление реализуется посредством метода Add поля Parameters команды. Метод Add требует на входе объект класса SqlParameter, который надо собирать на месте. Чтобы не перегружать код, процесс сборки объектов из наименования поля и значения, а также последующее их добавление в Parameters вынесены в функцию AddSqlParameter.

6 Когда все параметры добавлены, хранимая процедура запускается методом SqlCommand.ExecuteNonQuery.

7 На последнем шаге выполняется проверка на наличие дополнительных заполненных полей в исходном файле Excel. Если они есть – переход на следующую строку, сборка на её основе новой команды и исполнение. В противном случае – работа завершена.

УДК 658.51

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННО-СБЫТОВОЙ ЛОГИСТИКИ ПРЕДПРИЯТИЯ

А. В. АВСЯННИКОВА, Н. В. КОТЕЛЬНИКОВА

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

При изучении деятельности предприятия одним из наиболее важных аспектов является анализ производства и реализации продукции с применением логистического подхода. Производственно-сбытовая логистика на предприятии позволяет расширить область организации производства, рассматривая не только процессы преобразования материальных ресурсов, но и их транспортировку, распределение и утилизацию, то есть переходит от организации производственных процессов к сбытовой деятельности.

Анализ производственно-сбытовой логистики на ОАО «Могилевская фабрика мороженого» позволил определить причины, вызвавшие нарушения ритмичности производства и реализации продукции. Для решения выявленных проблем организации производства и реализации продукции предприятия предложены следующие мероприятия.

Усовершенствование производственной программы предприятия за счет ввода в производство нового вида продукции – замороженные тестовые полуфабрикаты в виде слоев, для производства которых требуются аналогичное сырье и материалы и которые будут производиться под именем уже имеющегося бренда предприятия. Производство слоев позволит увеличить выручку от реализации продукции товарной группы «Тестовые полуфабрикаты» на 30 %, а общую рентабельность затрат производства продукции предприятия – на 40 %.

С целью совершенствования организации перевозок готовой продукции предприятия в рамках сбытовой логистики предложен ввод в эксплуатацию универсального подвижного состава, с помощью которого при выполнении одного рейса появляется возможность перевозить готовую продукцию, которая требует различный температурный режим при доставке потребителю. Использование такого транспортного средства повысит качество организации перевозок готовой продукции, а также сократит вероятность порчи продукции в ходе транспортировки.

Применение транзитной формы товародвижения в сезонные месяцы работы предприятия позволит снизить запасы готовой продукции на 12 000 т, а также сэкономить около 5 000 р. на затратах на содержание запасов.

Таким образом, выполненная работа подтверждает целесообразность, эффективность и практическое применение предложенных мероприятий для ОАО «Могилевская фабрика мороженого».

УДК 338.4:004
АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ОРГАНИЗАЦИЯМИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

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

Информационные технологии являются неотъемлемой частью современной жизни. Корпоративный сайт давно перестал быть элементом престижа и является неотъемлемым условием эффективного функционирования любого субъекта экономики. В Республике Беларусь использование организациями информационно-коммуникационных технологий по состоянию на конец 2018 г. [1] характеризуется следующими особенностями:

– локальные вычислительные сети используют около 80 % всех организаций, электронную почту – более 96 %, интернет – почти 97 %; при этом указанные удельные веса стабильно наблюдаются в течение последних 5 лет и даже незначительно снизились (от 0,6 до 2,3 п. п.) в 2018 году;

– сеть Интернет используют для взаимодействия с поставщиками 86,4 % организаций, с потребителями – существенно меньше, 76,3 %; в то же время начиная с 2013 года последний показатель вырос почти в 2 раза;

– лишь 67 % организаций имеют собственный сайт (прирост за 5 лет составил 10 п. п.); по видам экономической деятельности максимальный удельный вес наблюдается в финансовой и страховой сфере (100 %), минимальный – в сельском, лесном и рыбном хозяйстве (35,4 %);

– среди целей использования сети Интернет преобладают: отправка и получение электронной почты (99,4 % организаций), поиск информации (99,1 %), предоставление отчетности (96,8 %), осуществление банковских операций (96,3 %); в наименьшей степени интернет используется для распространения электронной продукции (15,5 %) и послепродажного обслуживания (23,3 %).

Таким образом, организациям Республики Беларусь следует усилить взаимодействие с потребителями посредством использования своих сайтов в сети Интернет, интегрировать сайты в свои бизнес-процессы, активно использовать инструменты электронного маркетинга.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информационное общество в Республике Беларусь, 2019: статистический сборник [Электронный ресурс] / Нац. статистический комитет Респ. Беларусь. – Минск, 2019. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/d70/d70177df955d97e7780c924986cf5f1.pdf>. – Дата доступа: 18.02.2020.

УДК 338.45
РЕГИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА
В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ: СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ

С. А. АЛЕКСАНДРОВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Являясь одной из основных отраслей национальной экономики промышленность формирует значительную часть валового внутреннего продукта, играет значимую роль в занятости населения, экспортного потенциала страны. В то же время гармоничное и сбалансированное развитие промышленности в разрезе отдельных регионов способствует созданию здоровой конкурентной среды и создает условия для устойчивого развития регионов и отрасли в целом. Региональная структура промышленности может быть оценена посредством изучения структуры организаций промышленности и вовлеченных ресурсов, структуры промышленного производства, а также относительных показателей, характеризующих интенсивность и результативность промышленной деятельности.

Анализ статистических данных промышленного производства в 2014–2018 гг. в разрезе регионов Республики Беларусь (шесть областей и г. Минск) позволил сделать следующие основные выводы.

Изучение числа организаций промышленности показало, что с этой позиции наиболее индустриальными регионами можно считать г. Минск и Минскую область, так как число организаций промышленности в них в 2 и более раза превышает аналогичный показатель по другим регионам. В структуре общего числа организаций промышленности страны они составляют около 50 % на протяжении всего периода. Изучение динамики числа организаций промышленности показало, что имеется тенденция их снижения по всем регионам, но наиболее выраженная в г. Минске (–18,5 %).

По объему промышленного производства регионы Республики Беларусь различаются не так существенно, лидерами являются Гомельская и Минская области, их доля составляет в среднем 20 и 18 % соответственно. Наименьший объем промышленного производства в Могилевской области – в пределах 8...9 % в течение всего рассматриваемого периода.

На соотношение числа организаций промышленности и формируемого ими объема промышленного производства влияет размер организаций и наличие в регионе предприятий-гигантов. Так, в Гомельской области выделяются г. Мозырь, который преимущественно за счет нефтепереработки обеспечивает исключительно высокий показатель и влияет на область в целом, а также г. Жлобин, где расположен еще один крупный объект – ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК». У другого региона-лидера – Минской области – также имеются гиганты,

которые влияют на показатели области – ОАО «Беларуськалий», ОАО «БЕЛАЗ» – управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ». При этом для Минской области характерно достаточно равномерное распределение сравнительно высокого объема промышленной продукции между районами, что отличает ее от остальных областей. Для Витебской области характерна невысокая интенсивность промышленного производства по районам, которая компенсируется высокими показателями ОАО «Нафтан». В Гродненской и Брестской областях выделяются областные центры при отсутствии крупных предприятий за их пределами. В г. Минске объективно отсутствуют крупные промышленные предприятия, в результате чего, несмотря на большое число организаций промышленности, их вклад в объем промышленного производства невелик.

Для Могилевской области характерна сильная неравномерность в географическом распределении промышленного производства. Главным промышленным центром региона являются г. Могилев и Могилевский район, можно также выделить Осиповичский и Шкловский районы и г. Бобруйск, остальные районы существенно отстают. В целом Могилевская область является аутсайдером по показателям промышленного производства среди регионов Республики Беларусь – отсутствие гигантов, подчиненность отдельных промышленных предприятий головным структурам, расположенным в других регионах, сосредоточение промышленного производства в областном центре и непосредственной близости к нему, а также общие проблемы конкурентоспособности отечественной промышленности сформировали сложившуюся ситуацию.

Изучение динамики объема промышленного производства показало, что для всех регионов характерны общие тенденции: период спада в 2014–2015 гг., затем восстановление в 2016 г. и рост в 2017–2018 гг.

Наибольшее падение объема промышленного производства было характерно для г. Минска в 2014 и 2015 гг. – соответствующий индекс составил 89,9 и 86,8 %, здесь также была самая высокая нестабильность динамики промышленного производства, самый низкий показатель по итогам 2018 г. по сравнению с 2010 г. Наиболее стабильным регионом была Брестская область – минимальное из всех регионов падение производства в самом сложном 2015 г. (менее 5 %) и стабильный (4...5 % по отношению к предыдущему году) рост в 2016–2018 гг., однако по сравнению с 2010 г. эта область показала средний показатель роста – 116,8 %. Наилучшая динамика с ежегодным ростом и самым высоким приростом за период 2010–2018 гг. (163,9 %) сложилась в Минской области. В Могилевской области сложились стабильно низкие годовые показатели динамики объема промышленного производства, и в итоге рост за период 2010–2018 гг. составил лишь 105,1 %.

Таким образом, регионы Республики Беларусь неоднородны по объему и динамике промышленного производства.

УДК 336.71

ИНФРАСТРУКТУРА ФИНАНСОВОГО РЫНКА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ: ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ

М. С. АЛЕКСАНДРЁНОК

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Степень развития депозитарного обслуживания влияет на активность участников фондового рынка.

В Республике Беларусь функционирует двухуровневая депозитарная система, включающая центральный депозитарий (РУП «Республиканский центральный депозитарий ценных бумаг», подотчетен Министерству финансов) и депозитарии второго уровня (34), из них: 15 депозитариев – структурные подразделения коммерческих банков; 12 – небанковские профессиональные участники рынка ценных бумаг; 7 – иностранные.

Годовая динамика количества выпусков ценных бумаг, находящихся на централизованном хранении, представлена в табл. 1 [1].

Табл. 1. Изменение количества выпусков ценных бумаг на централизованном хранении за период 01.12.2018 – 01.12.2019 гг.

Вид ценной бумаги	На 01.12.2018 г.	На 01.12.2019 г.	Изменение, +/-	
			шт.	%
1 Облигации, шт.	1 151	1 143	-8	-0,70
1.1 Государственные ценные бумаги, шт.	107	79	-28	-26,17
1.2 Облигации Национального банка, шт.	27	11	-16	-59,26
1.3 Облигации местных займов, шт.	176	167	-9	-5,11
1.4 Биржевые облигации, шт.	37	30	-7	-18,92
1.5 Корпоративные облигации, шт.	804	856	52	6,47
2 Акции, шт.	4 193	4 083	-110	-2,62

По обеим группам ценных бумаг отмечается сокращение их выпусков: по облигациям – на 8 выпусков (минус 0,70 %), по акциям – на 110 выпусков (минус 2,52 %). В разрезе видов ценных бумаг фиксируется падение выпусков облигаций государственных органов власти (государственных ценных бумаг, облигаций Национального банка, облигаций местных займов), что свидетельствует об ослаблении роли данного финансового инструмента в управлении государственными финансами. Существенное падение имеют биржевые облигации (на 18,92 %), которые являются достаточно удобным инструментом заемного финансирования (но более рискованным).

В группе корпоративных ценных бумаг сложилась другая ситуация: выпуск долговых инструментов растет (корпоративные облигации – плюс 52 выпуска / 6,47 %), а вот эмиссия долевых бумаг сокращается (акции – минус 110 выпусков / 2,62 %).

В табл. 2 отражена динамика стоимостных объемов ценных бумаг на внутреннем фондовом рынке [1].

Табл. 2. Объемы ценных бумаг в депозитарной системе за период 01.12.2018 – 01.12.2019 гг.

Вид ценной бумаги	На 01.12.2018 г.	На 01.12.2019 г.	Темп роста %
1 Облигации, млрд р.	29,70	30,08	101,28
1.1 Государственные ценные бумаги, млрд р.	9,32	8,86	95,06
1.2 Облигации Национального банка, млрд р.	2,27	1,33	58,59
1.3 Облигации местных займов, млрд р.	3,50	3,29	94,00
1.4 Биржевые облигации, млрд р.	0,91	0,90	98,90
1.5 Корпоративные облигации, млрд р.	13,70	15,70	114,60
2 Акции, млрд р.	32,72	33,50	102,38

Данные табл. 2 также свидетельствуют о сжатии масштабов операций с ценными бумагами. Рост объемов по обеим группам ценных бумаг (облигаций – на 1,28 %, акций – на 2,38 %) является несущественным, а рынок облигаций, за исключением корпоративного сектора, показал падение.

Полученные данные свидетельствуют о необходимости совершенствования национальной депозитарной системы, что одновременно будет способствовать и развитию финансового рынка Беларуси.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отчеты о деятельности РУП «РЦДЦБ» [Электронный ресурс] // Официальный сайт РУП «Республиканский центральный депозитарий ценных бумаг». – Минск, 2020. – Режим доступа: <http://www.centraldepo.by>. – Дата доступа: 15.01.2020.

УДК 336.71

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И ФИНАНСОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ
УПРАВЛЕНИЯ КРЕДИТНОЙ ЗАДОЛЖЕННОСТЬЮ

М. С. АЛЕКСАНДРЁНОК, Ю. В. ВОРОНКОВ, В. А. УСТИНОВИЧ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Статистические данные показывают ежегодный рост объемов задолженности по кредитным ресурсам, за 11 месяцев 2019 г. (на 1 декабря) они составляли:

- задолженность клиентов и банков по кредитам и иным активным операциям выросла на 10,78 %, до 5,4 млрд р.;
- просроченная задолженность клиентов и банков по кредитам и иным активным операциям – на 6,64 %, до 0,22 млрд р.;
- задолженность физических лиц – на 19,14 %, до 13,82 млрд р.;
- просроченная задолженность по кредитам – на 6,06 %, до 0,035 млрд р. [1].

Вопросы управления проблемной задолженностью всегда были актуальными для белорусской экономики. Для повышения эффективности управления необслуживаемыми активами государство пошло по пути имплантации международной практики в механизм регулирования финансово-кредитных отношений.

Началом системной управленческой реформы на государственном уровне можно считать создание в 2011 г. Банка развития (ОАО «Банк развития Республики Беларусь», учредители – Совет Министров и Национальный банк, <https://brtb.by>). Данный специализированный финансовый институт единолично наделялся функциями по финансированию крупных инвестиционных проектов и повышению эффективности реализуемых государственных программ; а также рациональному использованию бюджетных средств, направляемых на развитие национальной экономики, и снижению уровня рисков в банковском секторе Республики Беларусь.

Однако Банк развития получил и другие специальные функции:

- приобретение активов на основании договоров уступки требования за счет средств, находящихся в его распоряжении (Указ № 261);
- приобретение активов банков в форме кредитов, выданных банками до 1 января 2011 г. по решениям Президента Республики Беларусь либо Правительства Республики Беларусь в соответствии с перечнями таких активов и порядком, утверждаемыми Советом Министров (Указ № 261);
- управление активами девяти базовых предприятий деревообрабатывающей промышленности (Указ № 257) и др.

В 2016 г. реформа получила продолжение – основывается Агентство по управлению активами (ОАО «Агентство по управлению активами», учредители – Республика Беларусь и области, <https://belagency.by>). Перед Агентством поставлены задачи путем применения специальных

финансовых инструментов повысить эффективность управления «плохими» долгами, в частности, приобретение у банков и Банка развития на основании договоров уступки требования активов согласно перечню активов и кредитополучателей, утверждаемому Советом Министров и Национальным банком исходя из предложений областных исполнительных комитетов, сформированных по кредитам, предоставленным банками и Банком развития сельскохозяйственным организациям.

В 2019 г. финансово-кредитная система получила еще один инструмент управления проблемными обязательствами – «секьюритизацию». Применение данного инструмента разрешено Специальной финансовой организацией «Агентство по реструктуризации обязательств и секьюритизации активов», которая была зарегистрирована в сентябре 2019 г. (<https://arosa.by>). Сведения о ней представлены пока только рамочные. Деятельность Агентство будет осуществлять по трем направлениям:

1) секьюритизация банковских кредитных пулов – ипотечных кредитов на жилую и коммерческую недвижимость, кредитов на потребительские цели и автокредитов, кредитов для малых и средних предприятий, кредитов на реализацию крупных инвестиционных и инфраструктурных проектов;

2) трансформация токсичных активов и плохих долгов предприятий и банков в ликвидные ценные бумаги, позволяющая очистить баланс организаций от проблемной задолженности;

3) снижение для белорусских предприятий уровня текущей и просроченной дебиторской задолженности с помощью секьюритизации прав (требования) по договорам уступки.

Одним из показателей стабильности банковского сектора, установленным Национальным банком, выступает доля необслуживаемых активов в активах, подверженных кредитному риску, которая должна составлять не более 10 %. На 1 июля 2019 г. данные следующие: необслуживаемые активы в коммерческих банках – 3,2 млрд р. (их доля – 5,8 %, при этом за I полугодие рост составил 2,3 процентных пункта), безнадежная задолженность – еще 3,5 млрд р. Доля данных двух видов активов в активах, подверженных кредитному риску, достигла 11,3 %.

Таким образом, для решения вопросов с проблемными долгами необходимо дальнейшее совершенствование системы управления финансово-кредитными отношениями.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Статистический бюллетень Национального банка Республики Беларусь № 11 (245) [Электронный ресурс] // Официальный сайт Национального банка Республики Беларусь. – Минск, 2020. – Режим доступа: <http://www.nbrb.by>. – Дата доступа: 12.01.2020.

УДК 658.1

МЕХАНИЗМ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ: ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

А. Г. БАРАНОВСКИЙ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Обеспечение устойчивости функционирования и устойчивого развития предприятия является одним из важнейших приоритетов его руководства.

Достижению этого приоритета, по мнению многих исследователей и практиков в области конкретной экономики, во многом способствует формирование в системе управления предприятием соответствующего организационного механизма.

Организационный механизм в общем случае – это логическая модель, которая раскрывает закономерности формирования систем из располагаемых элементов, а также порядок регулирования сформированных систем.

Соответствующий *механизм устойчивого развития* – это интегрированная совокупность организационных процессов и экономических методов и рычагов, обеспечивающих:

- преобразование стратегии устойчивого развития предприятия в требуемые действия по обеспечению такого развития;
- адекватную реакцию на внешние воздействия, позволяющую устранить угрозы и использовать возникающие благоприятные возможности в деятельности предприятия.

Данный механизм можно представить как адаптивную самообучающуюся систему. В состав его элементов следует включить методы оперативного управления производством, систему мотивации персонала, методы принятия корректирующих решений и распорядительства, систему обеспечения работоспособности оборудования, способы достижения устойчивого финансового состояния предприятия, обеспечение его экономической безопасности.

Для успешного функционирования механизма следует также создать базу данных о накопленном опыте преодоления предприятием угроз и неблагоприятных ситуаций, создававших препятствия для его устойчивого развития в предшествующие периоды времени. Механизм устойчивого развития может быть представлен состоящим из различных взаимосвязанных частей, каждая из которых выполняет определённую функцию в обеспечении функционирования и развития предприятия.

Компонентами этого механизма являются:

- структуры предприятия: производственная, организационная и социальная;
- мотивы и намерения владельцев и персонала предприятия;
- система показателей оценки деятельности предприятия;

- стратегия и тактика развития предприятия, принимаемые решения;
- чёткие, реальные и обоснованные цели для предприятия, его подразделений и персонала;
- система коммуникаций между подразделениями и сотрудниками;
- капитал, в первую очередь оборотный. Также трудовой ресурс как основные факторы функционирования и развития предприятия;
- методы управления: организационные, экономические и социальные;
- требования эффективности производства и ограничения на спрос для выбора оптимальных корректирующих воздействий;
- система сбыта продукции предприятия.

Основные задачи, которые должен реализовать механизм устойчивого развития:

- воздействие на факторы и процессы, влияющие на устойчивое развитие;
- развитие инновационной деятельности на предприятии;
- адаптация к внешней среде, изменению её факторов и условий;
- регламентация устойчивого развития экономики предприятия, его социальной сферы и экологической деятельности.

Основными функциями механизма устойчивого развития предприятия являются: мониторинг состояния и динамики развития предприятия; регулирование производственных, коммерческих и социальных процессов на предприятии; адаптация к факторам и условиям внешней среды с учётом угроз и возможностей; обеспечение надёжности структурных подсистем и выполняемых предприятием функций; обеспечение безопасности его функционирования.

Структурно в механизм устойчивого развития предприятия могут быть включены блоки, обеспечивающие диагностику его устойчивого развития, регламентацию развития, регулирование процессов выпуска и реализации продукции и адаптацию к внешней среде и внутренним проблемам.

Например, *диагностика развития* предприятия может предусматривать:

- отслеживание и анализ уровня основных показателей, которые характеризуют функционирование и развитие предприятия;
- анализ важнейших факторов, влияющих на его устойчивость и устойчивое развитие;
- периодическую оценку типа (стабильный или растущий) и динамики развития предприятия.

Выводы

1. Организационный механизм устойчивого развития предприятия – это логическая модель, раскрывающая методы и правила обеспечения стабильности его функционирования и равномерного развития.

2. Назначение механизма: поддержание устойчивости развития экономики предприятия, его социальной сферы и экологической деятельности.

УДК 658:338.5

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА РАБОТЫ
НЕГАТОСКОПАД. В. ВВЕДЕНСКИЙ¹, Е. С. НЕЧАЕВА¹, Т. Г. НЕЧАЕВА²¹Гомельский государственный медицинский университет
Гомель, Беларусь²Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Социально-экономические реалии в современном обществе требуют повышения эффективности деятельности организаций. В Республике Беларусь повышение эффективности хозяйствования напрямую связано с ограниченными ресурсным и финансовым потенциалами, что вызывает необходимость улучшения состояния экономики за счет импортозамещения, ресурсо- и энергосбережения, создания СЭЗ и прочих экономических решений. Проблемы повышения эффективности функционирования возникают и у организаций, финансируемых из бюджета, например, учреждений здравоохранения. Значительная часть оборудования для учреждений здравоохранения и медицинских вузов приобретает за пределами республики за валютные средства, поэтому встает вопрос об импортозамещении.

В ходе исследования были проанализированы следующие модели негатоскопа: негатоскоп общего назначения НОН 5907-01 НСК однокадровый; негатоскоп НОН 907-02 двухкадровый, негатоскоп «Армед 2-кадровый» – и предложена усовершенствованная модель, которая отличается от существующих мобильностью, энергопотреблением конструктивными особенностями, связанными с использованием новых современных материалов, что позволило улучшить качество, оперативность и коэффициент полезного использования данной аппаратуры на этапе апробации по кафедре анатомии человека с курсом оперативной хирургии и топографической анатомии. В качестве значимых параметров в ходе экспертного опроса были установлены следующие для данной медицинской аппаратуры: разрешение, четкость изображения просмотра снимков, яркость экрана, световой поток с максимально благоприятным светотемпературным диапазоном, высокий ресурс работы оборудования, низкие эксплуатационные затраты, низкая мощность потребления, минимальная утомляемость глаз медперсонала, идеальный дизайн, оптимальное использование пространства негатоскопа, простая методика установки и эксплуатации. Была разработана усовершенствованная модель негатоскопа «Светодиодная панель-негатоскоп, по типу «сэндвич», 3-кадровый, настенный» с учетом указанных значимых параметров. К экономическим результатам предложенной разработки можно отнести следующие:

– снижение стоимости прибора «Светодиодная панель-негатоскоп, по типу «сэндвич», 3-кадровый, настенный» по сравнению с аналогами. Примерная стоимость изготовления рассчитана по принципу затратного метода ценообразования. В стоимость изготовления на рассматриваемом этапе апробации не были включены трудозатраты, а только материальные затраты и прочие затраты. Сравнив стоимость устройств разных производителей, можно отметить, что предлагаемая конструкция будет дешевле аналогов в среднем в 6 раз (например, покупка негатоскопа «Армед 2-кадровый» от российского производителя, поскольку в республике их не производят, обойдется в 37 300 рос. р., а по курсу Нацбанка на декабрь 2019 г. – 1 290 белорус. р.);

– сравнительно невысокие затраты по эксплуатации прибора. Замена галогенной лампы на люминофорный светодиод, который имеет ресурс высокой работы, позволяет спрогнозировать срок эксплуатации не менее 25 тыс. ч или 5 лет. Кроме того, предлагаемые светодиоды практически не нагреваются при работе, не нуждаются в частой чистке и замене, что делает эксплуатацию негатоскопов более эффективной и экономически выгодной. Низкий КПД галогенного источника света резко увеличивает затрачиваемую мощность, а люминофорного светодиода наоборот, что скажется, хоть и незначительно, на энергозатратах. Применение современных конструктивных материалов позволяет уменьшить толщину и вес всей конструкции до рекордных значений, что обеспечивает оптимальное использование пространства и снижает затраты по установке конструкции. Электропитание осуществляется от электророзетки сети, потребляемая мощность при этом крайне низка. Высокая степень яркости светового экрана позволяет проводить исследование снимков независимо от типа снимка и освещенности помещения;

– повышение качества и производительности труда медицинского персонала.

Использование на практике по кафедре анатомии человека с курсом оперативной хирургии и топографической анатомии предлагаемого устройства позволило получить следующие эффекты: организационный – обеспечить кафедры медицинских учебных заведений сравнительно недорогими, но качественными устройствами для осуществления учебного процесса; экологический – низкое энергопотребление, менее затратный и простой процесс утилизации, использование менее токсичных материалов; экономический – энергосбережение, низкие эксплуатационные затраты, сравнительно низкая стоимость при прочих равных условиях, импортозамещение; социальный – повышение качества медицинского обслуживания, снижение риска развития профессиональных заболеваний.

УДК 336.6

**НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ФИНАНСОВЫХ ОТНОШЕНИЙ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ****О. В. ВОЛКОВА**Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Финансовые отношения промышленных предприятий являются важным объектом финансового управления. Они связаны непосредственно с осуществлением предпринимательской деятельности и возникают в процессе производства и реализации продукции (работ, услуг), формирования собственного и заемного капитала, имущественного потенциала и др. Основой финансовых отношений является процесс взаимодействия с различными контрагентами (дебиторами, кредиторами, банками, бюджетом), в результате осуществления которого изменяется состав средств предприятия и источников их формирования. Поэтому актуальным вопросом является разработка направлений развития финансовых отношений промышленных предприятий, к которым можно отнести представленные на рис. 1.

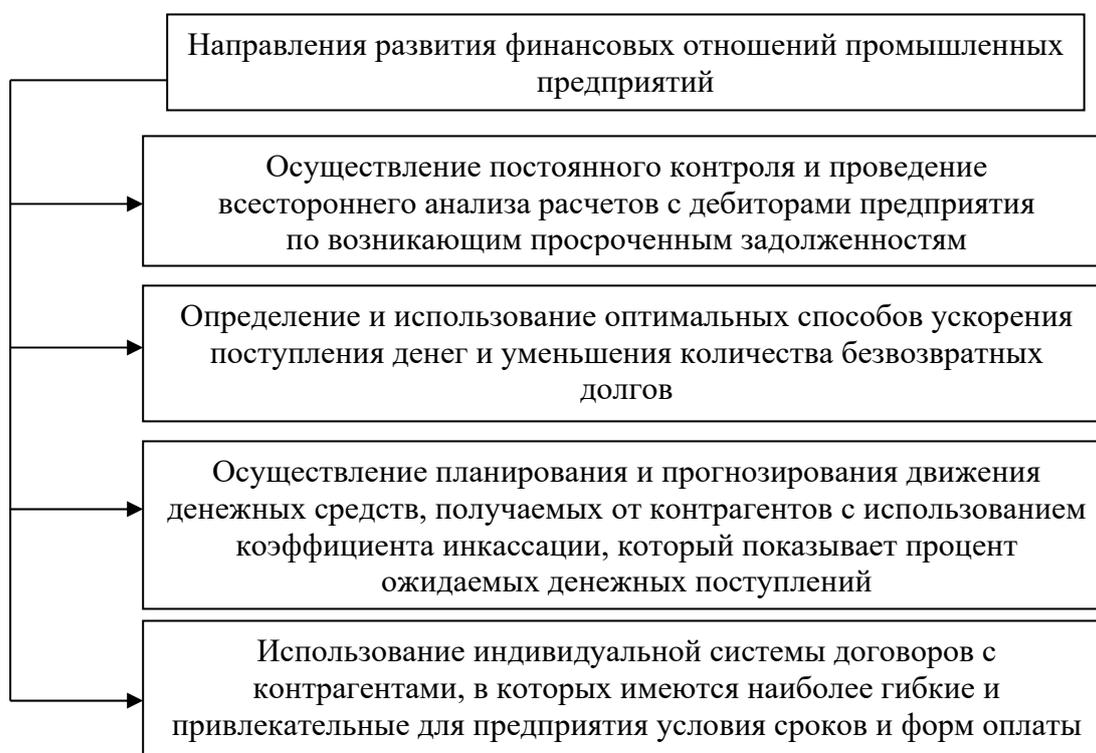


Рис. 1. Направления развития финансовых отношений промышленных предприятий

Реализация предложенных направлений позволит своевременно и эффективно реализовывать существующие финансовые отношения, что будет выступать индикатором надежности предприятия.

Для улучшения развития финансовых отношений промышленного предприятия немаловажную роль играет уменьшение сроков погашения задолженности от должников. Данный вид платежей представляет собой важный источник формирования финансовых ресурсов предприятия, которые позволяют ему финансировать свою деятельность, оплачивать возникающие расходы и получать прибыль. К тому же наличие подобного рода задолженности способствует замедлению оборачиваемости оборотных средств и снижению уровня эффективности их использования в производственном процессе. Поэтому необходимо направить усилия финансовых работников предприятия на снижение задолженности контрагентов путем рассылки им писем, телефонных переговоров, использованием скидок за досрочную оплату и штрафных санкций за несвоевременность платежей, а также ужесточить контроль за возникновением задолженности.

Для повышения уровня финансовых отношений промышленного предприятия необходимо выработать достаточно четкую и стратегическую линию в отношении характера привлечения и использования денежных средств контрагентов. Одним из способов получения коммерческого кредита может быть увеличение по согласованию с поставщиками сроков его предоставления на условиях отсрочки платежа.

Внедрение предложенных направлений в практическую деятельность промышленного предприятия позволит улучшить уровень его финансовых отношений с различными контрагентами.

УДК 336.6
ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕВООРУЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ КАК ФАКТОР ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ

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

В современных условиях хозяйствования на промышленных предприятиях Республики Беларусь существует достаточно высокая степень износа производственного оборудования, а в процессе производства продукции, оказания услуги или выполнения работы нередко используются морально устаревшие производственные технологии. Все это в конечном итоге приводит к снижению конкурентоспособности отечественных предприятий. При этом одним из факторов улучшения технологического уровня производства является внедрение инновационных технологий, а также формирование инновационного вида воспроизводства основного капитала, базирующегося на использовании достижений научно-технического прогресса.

Проблеме технического перевооружения производства на основе использования инноваций в последнее время уделяется особое внимание как на государственном уровне, так и на уровне предпринимательской общественности. Так, в республике разработана Государственная программа инновационного развития на 2016–2020 годы, утвержденная Указом Президента Республики Беларусь от 31 января 2017 г. № 31 (в редакции от 7 августа 2019 г. № 301). Одно из направлений программы включает развитие инновационного предпринимательства, которое предусматривает государственную поддержку, направленную на обеспечение интеграции науки, образования и производства. В целях развития промышленности предусматривается использование в производстве новейших отечественных и зарубежных технологий и оборудования. При этом удельный вес инновационно активных предприятий в общем числе предприятий, основным видом экономической деятельности которых является производство промышленной продукции, увеличится с 20 % в 2016 г. до 26 % в 2020 г. [2].

На уровне промышленного предприятия необходимость инновационной модернизации производства рассматривается как одна из основных задач дальнейшего развития и совершенствования его деятельности. Техническое перевооружение отечественных промышленных предприятий должно производиться комплексно на основе разработки плана внедрения инноваций в производственный процесс, так как единичная замена оборудования не сможет решить проблему инновационного развития промышленности. Данный план должен включать основные этапы и методы их реализации (рис. 1) [1].



Рис. 1. План внедрения инноваций в производственный процесс

Представленный на рисунке план позволит произвести своевременную замену морально и физически устаревшего оборудования, обновить технологию производства, повысить уровень качества продукции, обеспечить рост объема производства при снижении затрат за счет малоотходного и энергоэффективного производственного процесса, повысить производительность и улучшить условия труда.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гарифуллин, Р. Ф.** Алгоритм технического перевооружения на основе методов планирования инноваций / Р. Ф. Гарифуллин, Ю. В. Николаенко // Вестник экономики, права и социологии. – 2012. – № 2. – С. 22–27.

2. Государственная программа инновационного развития Республики Беларусь на 2016–2020 годы [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь, 31 янв. 2017 г., № 31: с изм. и доп.: текст по состоянию на 7 авг. 2019 г. № 301 // Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2020. – Режим доступа: <http://www.pravo.by>. – Дата доступа: 17.02.2020.

УДК 338.2
ПОСТРОЕНИЕ ДЕРЕВА СВОЙСТВ НА ОСНОВЕ СОБЛЮДЕНИЯ
ПРИНЦИПОВ СТРУКТУРИРОВАНИЯ ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА

Е. Г. ГАЛКИНА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Оценка качества продукции является одним из инструментов позиционирования продукции на рынке, методом определения направлений развития продукции, оценки уровня конкурентоспособности товара.

В квалиметрии качество – это иерархическая совокупность свойств, которые представляют интерес для конечного потребителя товара. Основным способом наглядного представления такой иерархии является формирование дерева свойств.

При создании дерева свойств одной из проблем является решение вопроса включения свойства в дерево. Построение полного дерева свойств, с одной стороны, в полной мере отвечает запросу полноты учета особенностей потребления: необходимо строить дерево, в котором будут отражены все особенности потребления товара. С другой стороны, необходимо определить достаточное количество свойств для оценки уровня качества объекта. Как решить, какое количество свойств достаточно?

Часто при построении дерева свойств акценты смещаются к важным конструктивным свойствам, не влияющим, однако, на восприятие качества продукции потребителями. Поэтому необходимо включать признаки деления, которые отражают не столько конструктивные особенности товара, а характер выполняемых им функций.

Соблюдение функциональной направленности выделяемых свойств продукции в процессе построения дерева свойств возможно при применении метода структурирования функции качества (СФК). Основное назначение СФК – инженерное воплощение предъявляемых потребителем показателей качества на этапах проектирования изделия, планирования технологического и производственного процесса. Однако при оценке качества существующего товара аналогичным образом можно выявить соответствие отдельных технологических или конструктивных свойств требованиям конечного потребителя.

Таким образом, применение СФК позволяет получить ответ на вопрос целесообразности включения свойства в дерево. Если потенциальное изменение свойства (конкретного показателя качества) не влияет на выполнение функций, то необходимо это свойство исключить из рассмотрения.

УДК 338.47
 ПРИВЕДЕННЫЕ ЧАСЫ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
 АВТОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ РЕГИОНА

М. Н. ГРИНЕВИЧ
 Белорусско-Российский университет
 Могилев, Беларусь

В качестве актуальной задачи выступает поиск рычагов повышения эффективности транспортно-логистической системы на основе выбора показателя для характеристики рассматриваемой системы и построения механизма комплексной оценки ее функционирования.

Для характеристики системы доставки груза предлагается использовать показатель времени (табл. 1).

Табл. 1. Характеристика системы доставки грузов автотранспортом

Объект	Показатель	Формула	Условное обозначение
Груз	Время работы с грузом T_Q	$T_Q = t_{\Pi} + t_{\text{ДВ.ГР}} + t_P$	t_{Π} – время погрузки груза t_P – время разгрузки груза $t_{\text{ДВ.ГР}}$ – время движения груза на автомобиле
Груз и автомобиль	Время движения груза и автомобиля с грузом T_P	$T_P = t_{\text{ДВ.ГР}} + t_{\text{ДВ.АВТ.ГР}}$	$t_{\text{ДВ.АВТ.ГР}}$ – время движения автомобиля с грузом
Автомобиль	Время движения автомобиля T_L с грузом и без груза	$T_L = t_{\text{ДВ.АВТ.ГР}} + t_{\text{ДВ.АВТ.БЕЗ.ГР}}$	$t_{\text{ДВ.АВТ.БЕЗ.ГР}}$ – время движения автомобиля без груза

Работа с грузом включает в себя время погрузки и разгрузки, а также время движения груза на транспортном средстве. Взаимодействие груза и автомобиля отражает время движения груза и время движения автомобиля с грузом. Работа автомобиля может быть охарактеризована через время движения автомобиля с грузом и без груза.

Груз и автомобиль в системе доставки взаимосвязаны через погрузочно-разгрузочные работы, перемещение груза, движение транспортного средства с грузом и без груза.

К основным показателям, характеризующим систему доставки и связанных с временем движения груза и автомобиля, относят: объект перевозок, грузооборот, пробег общий, в том числе с грузом и без груза.

Для их комплексного рассмотрения предлагается применить показатель «приведенные часы», учитывающий полезное время работы с грузом при его перемещении, который позволит охарактеризовать функционирование автотранспортной системы региона.

УДК 332.146.2

НАПРАВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬН. П. ДРАГУН, И. В. ИВАНОВСКАЯ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Пространственное развитие является одним из приоритетных направлений социально-экономического развития Республики Беларусь. Это обусловлено, во-первых, наличием в регионах потенциала развития, который в настоящее время используется не полностью, во-вторых, действием объективных пространственных механизмов (например, агломерационного эффекта), способствующих решению задач развития не только отдельных регионов, но и страны в целом.

По мнению авторов, можно выделить два основных направления пространственного развития Республики Беларусь.

1. **Сокращение межрегиональной дифференциации**, прежде всего, по уровню и качеству жизни населения. Признавая значимость этого направления¹, необходимо отметить, что текущей мировой тенденцией является одновременная конвергенция стран и дивергенция их регионов по уровню социально-экономического развития, то есть задачи экономического роста и сокращения различий между регионами в некоторой степени противоречат друг другу. В этой связи для сохранения и эффективного использования потенциала развития «сильных» регионов в решении задачи сокращения дифференциации регионов приоритет необходимо отдать снижению их различий по уровню и качеству жизни населения, и только во вторую очередь, по уровню экономического потенциала.

Действенными инструментами для этого являются:

– *активная бюджетная политика по перераспределению финансовых ресурсов между регионами* как с точки зрения обеспечения необходимого уровня доходов населения, так и развития социальной инфраструктуры;

– *пересмотр государственных минимальных социальных стандартов²* в сторону их повышения с целью приближения качества жизни населения, прежде всего, на сельских территориях к условиям средних и крупных городских поселений;

– *существенное сокращение количества отстающих по уровню социально-экономического развития районов³*, наличие которых формирует в настоящее время не только значительные по размеру депрессивные зоны

¹ Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 31 окт. 2018 г. № 774

² Закон Республики Беларусь «О государственных минимальных социальных стандартах» (с изм. и доп.) от 11 нояб. 1999 г. № 322-3

³ Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 2 февр. 2019 г. № 74; постановление Совета Министров Республики Беларусь от 9 окт. 2019 г. № 689

в ряде регионов, например, юго-восточный регион Могилевской области, включающий семь районов⁴, но и отрицательно влияет на соседние территории, ограничивая потенциал их развития;

– *селективное экономическое развитие отстающих территорий*, заключающееся в принятии решений об инвестировании в развитие отдельных видов экономической деятельности на основе учета текущей и перспективной специализации названных территорий, располагаемого ими экономического и демографического потенциала, включенности в экономические системы более высокого уровня (прежде всего, территориальные хозяйственные комплексы), наличия местных сырьевых и капитальных ресурсов, которые можно вовлечь в экономический оборот⁵.

2. Развитие регионов на основе использования пространственных эффектов.

Практическая реализация данного направления возможна на основе использования следующих основных инструментов:

– *развитие городских агломераций*. По мнению авторов, в ближайшем будущем агломерационный эффект станет основным драйвером экономического развития страны. Пример Минской агломерации показывает, что значимым в этой связи является развитие городов-спутников⁶ на основе их «умной» специализации, создание благоприятных условий для маятниковой трудовой миграции, формирование органов управления агломерацией;

– *выстраивание сети поселений от крупных городов до малых сельских населенных пунктов* будет не только способствовать развитию прилегающих к ним территорий (сельскохозяйственного производства, рекреационной сферы и т. д.), но и повысит качество оказываемых населению социальных услуг, позволит остановить сокращение демографического потенциала сельских территорий. В связи с этим важное значение имеет развитие 11-ти так называемых городов 80+ и прилегающих к ним районов (яркий пример – г. Орша и Оршанский район)⁷, реализация программ развития поселков городского типа и «деревень будущего»;

– *интеграция территорий в форме территориальных хозяйственных комплексов⁸ и узловое размещение производств* позволит использовать эффекты масштаба предложения (за счет концентрации и комбинирования производства) и спроса (за счет формирования более емких рынков сбыта);

– *эффективное использование экономико-географического положения территорий* как на основе активизации взаимовыгодного трансграничного сотрудничества регионов, так и развития их транспортно-логистического потенциал.

⁴ Указ Президента Республики Беларусь от 8 июня 2015 г. № 235

⁵ Интерактивный портал «Дорожная карта инвестора» (www.map.investinbelarus.by)

⁶ Указ Президента Республики Беларусь от 7 мая 2014 г. № 214

⁷ Указ Президента Республики Беларусь от 31 дек. 2018 г. № 506

⁸ www.economy.gov.by/ru/news-ru/view/ministr-ekonomiki-v-intervjju-gazete-respublika-rasskazal-o-proekte-natsionalnoj-strategii-ustojchivogo-45146-2020

УДК 338.43:664
НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АПК В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

А. Г. ЕФИМЕНКО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

На современном этапе целью Государственной программы развития цифровой экономики и информационного общества на 2016–2020 гг. является совершенствование условий, содействующих трансформации сфер человеческой деятельности под воздействием информационных компьютерных технологий, включая формирование цифровой экономики, развитие информационного общества [1].

Цифровое сельское хозяйство Европейская организация сельскохозяйственного машиностроения определяет как «сельское хозяйство 4.0». Цифровое сельское хозяйство – это рынок продовольствия, обеспеченный интеллектуализацией, автоматизацией и роботизацией технологических процессов на пути жизненного цикла продуктов от производства до потребления и развитием биотехнологий [2, с. 362]. В условиях цифровизации развитие АПК происходит по следующим направлениям.

1. Цифровые инновации, связанные с цифровой обработкой информации: автоматизация (сельское хозяйство 4.0) и роботизация (сельское хозяйство 5.0); автономные роботы (для применения в агрессивных средах: удобрения, пестициды, гербициды); умные машины (точный полив, точное земледелие); оптимальные управленческие технические системы (сквозная непрерывная обработка данных, технология блокчейн, нейронные сети); распределённые информационно-управленческие системы (передовое производство нового поколения на основе высокотехнологического оборудования, оснащённого 3D-принтерами, ЧПУ-станками, роботами, датчиками и сенсорами для производства конкурентоспособной продукции на мировом рынке на основе применения инновационных технологий).

2. Цифровые инновации в АПК – управление урожаем (дистанцированное зондирование и ретрансляция данных в реальном масштабе времени: обследование объектов наземной инфраструктуры, земель, полей, лесов, рек, озёр и др.); управление в животноводстве (датчики КРС, роботы по кормлению, доению, уборке, лечению); управление агробиокомплексом (использование технологических преимуществ БВС и БАС для адресной доставки товаров и грузов конечному получателю без использования существующей транспортной инфраструктуры в «течении минут»); управление экологическими и водными системами).

3. Цифровые инновации в управлении АПК включают сбор, хранение, обработку экономической информации (сбор больших данных, безопасность, дублирование, распределённые системы, облачные системы); извлечение знаний из больших массивов данных (дата-майнинг, Big-Data); обоснование и прогноз результатов управленческих решений.

Основными инновационными технологиями в перерабатывающей и пищевой промышленности будут являться: цифровой двойник – это цифровой аналог бизнеса, моделирующий его устройство, который будет отображать все аспекты от качества почвы и навыков работников до рыночной стоимости продукции. Полученные данные помогут прогнозировать урожайность, продуктивность, банки смогут выдавать фермерам кредиты на развитие бизнеса и др. Благодаря блокчейну, интернету и искусственному интеллекту каждый участник цепочки поставок будет точно знать, сколько продукции нужно выращивать и продавать, повысится ее качество и доступность. С помощью датчиков патогенов как производители продуктов питания, так и потребители смогут их выявлять в пище, которые будут либо портативными, либо встроенными в мобильные телефоны. Также разработают методику для оперативного анализа генетики микробов, с помощью которой смогут узнавать о безопасности пищи.

Таким образом, цифровая экономика – это совокупность новых возможностей и перспектив для инновационного развития различных направлений на основе активного использования информационных технологий и маркетинговых инструментов продвижения проектов, товаров и услуг с целью повышения экономической эффективности деятельности и капитализации бизнеса. Приоритетными направлениями развития цифровой экономики в АПК Республики Беларусь являются инновационное развитие предпринимательства, саморазвитие территорий, выполнение программы импортозамещения и активизация производства экспортной продукции. В настоящее время существует необходимость внедрения элементов цифрового сельского хозяйства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственная программа развития цифровой экономики и информационного общества на 2016–2020 годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 23 марта 2016 г. № 235. – Режим доступа: <http://www.pravo.by>. – Дата доступа: 02.02.2020.

2. **Мигунов, Р. А.** Цифровые технологии в российском сельском хозяйстве / Р. А. Мигунов // Сельские территории в пространственном развитии страны: потенциал, проблемы, перспективы. Никоновские чтения – 2019: материалы XXIV Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 21–22 окт. 2019 г. – Москва: ВИАПИ им. А. А. Никонова, 2019. – С. 362–363.

УДК 338.24:004.41/42

ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

А. С. ЗУБКОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Современный этап развития производительных сил общества характеризуется активным внедрением информационно-коммуникативных технологий (ИКТ) во все сферы производственной и социальной жизни. ИКТ – это совокупность информационных процессов и методов работы с информацией, осуществляемых с применением средств коммуникаций и компьютерной техники. Основными способами использования ИКТ в организациях являются использование сети Интернет для передачи и получения информации (в том числе электронной почты), создание локальных вычислительных систем, применение сетей Интранет и корпоративных сетей Экстранет.

Процесс внедрения ИКТ происходит неравномерно, существенно различаясь по организациям, отраслям и секторам экономики. В зависимости от масштабов применения ИКТ организации сектора реальной экономики предлагается разделить на три группы:

1) организации с эпизодическим и локальным применением ИКТ. Данные технологии в этих организациях применяются для общих управленческих целей: поиск информации в сети Интернет, отправление и получение электронной почты, поиск персонала, доступ к электронным базам данных, осуществление банковских операций, получение или оказание информационных услуг и др. Для реализации данных функций достаточно наличие современной компьютерной техники и доступ в интернет;

2) организации, характеризующиеся комплексной автоматизацией производства, в которых ИКТ являются неотъемлемой частью технологических процессов по созданию готовой продукции, выполнению работ, оказанию услуг. В данных организациях ИКТ встроены в традиционные технологические процессы, являются их неотъемлемым компонентом. Технической базой применения ИКТ является автоматизированное и роботизированное оборудование и локальные вычислительные сети в масштабах организации (Интранет). Компьютерная техника учитывается как комплексы программно-технические для автоматизации управления технологическими процессами, проектирования, научных исследований, функций гибких производственных систем обмена данными в интегрированных системах обработки информации (шифр 48025). Она может учитываться как в составе технологического оборудования (встроенные компьютеры), так и в качестве самостоятельных

объектов. Компьютерные программы учитываются в составе технологического оборудования и компьютерной техники, если они являются неотъемлемым условием их функционирования и работают как единый производственно-технологический комплекс;

3) организации, основной производственной деятельностью которых является производство информационных продуктов, выполнение работ и оказание услуг в электронно-информационном виде. В данных организациях ИКТ выполняют роль основных технологических процессов, посредством которых осуществляется получение и обработка исходной информации, а также формирование и передача конечного информационного продукта. В данных организациях посредством ИКТ выполняется также большинство управленческих и обслуживающих функций. Компьютерная техника является основным средством производства в виде комплекса серверов и персональных компьютеров, набора организационной техники, объединенных в единую сеть. Программное обеспечение учитывается как в составе компьютеров (стандартные программы, устанавливаемые на компьютеры при их приобретении), так и в качестве отдельных объектов нематериальных активов (специализированные программы, приобретаемые или создаваемые дополнительно).

В организациях второго и третьего типа совокупность технических средств, обеспечивающих функционирование ИКТ, насчитывает от нескольких десятков до нескольких сотен единиц различного оборудования и устройств. Все они выполняют, по сути, одну общую функцию – прием, обработка, хранение и передача информации, но учитываются как отдельные объекты основных средств или предметов в обороте. В производственных отраслях с автоматизированным характером производства совокупность взаимосвязанного оборудования, реализующего единый технологический процесс, объединяется в одну единицу учета – производственную линию с присвоением ей единого шифра классификатора для начисления амортизации. Это значительно упрощает бухгалтерский учет и начисление амортизации по этим объектам. Аналогичный подход, возможно, следовало бы применить для комплекса объектов, реализующих ИКТ (например, сервер, персональные компьютеры, средства преобразования и передачи информации, оргтехника). Перечисленные объекты функционируют только во взаимосвязи друг с другом и имеют примерно одинаковый срок службы. Данный подход соответствует также Инструкции по бухгалтерскому учету основных средств. Согласно данной инструкции, инвентарным объектом основных средств является объект со всеми приспособлениями и принадлежностями, или отдельный конструктивно обособленный предмет, предназначенный для выполнения определенных самостоятельных функций, или обособленный комплекс конструктивно сочлененных предметов, представляющих собой единое целое, предназначенный для выполнения определенной работы.

УДК 338.24:004.41/42

ПРОБЛЕМЫ УЧЕТА И ПРИМЕНЕНИЯ ФИНАНСОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

А. С. ЗУБКОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В 2019 г. в Республике Беларусь сделан очередной шаг в направлении сближения отечественных стандартов бухгалтерского учёта и отчётности с международными. С принятием НСБУ «Финансовые инструменты» (постановление Министерства финансов РБ от 18.12.2018 г. № 74, далее – НСБУ № 74) бухгалтерский учёт в этой области перешёл на новую терминологическую и понятийную базу, а также наблюдается значительное усложнение порядка учета данных объектов.

Впервые введенная категория «финансовые инструменты» (далее – ФИ) вместо применявшейся ранее категории «финансовые вложения» включает как финансовые активы, так и финансовые обязательства. Они охватывают значительно более широкий круг объектов учёта и соответствующих счетов бухгалтерского учёта. Кроме того, впервые введено разделение ФИ на учитываемые по амортизируемой стоимости и учитываемые по справедливой стоимости. Как те, так и другие объекты оцениваются по первоначальной стоимости и по последующей стоимости. Первоначальная стоимость может определяться пятью различными способами в зависимости от способа поступления ФИ в организацию. Последующая стоимость может ежемесячно изменяться под действием рыночных факторов.

Амортизируемая стоимость ФИ определяется на основе первоначальной стоимости путём последующего сложения и вычитания процентов, дисконтов, премий, бонусов, обесценения. Правильное выполнение данных расчётов предполагает понимание экономической сущности указанных категорий и квалифицированное применение их на практике. В самом НСБУ № 74 содержатся лишь общие определения указанных категорий. Действующий до введения НСБУ в РБ порядок учёта финансовых вложений не предусматривал использование этих категорий, вследствие чего у практикующих специалистов отсутствуют теоретические знания и опыт их применения.

С другой стороны, при подготовке в вузах специалистов экономического и учётного профиля в предыдущие годы изучению данных «западных» категорий уделялось недостаточное внимание. Вследствие этого определённая часть финансовых и учётных работников недостаточно владеет данными категориями и порядком их применения на практике. Следствием этого могут быть ошибки и просчёты в учёте указанных объектов.

Первоначальная и последующая оценка долевых и производных финансовых инструментов производится по справедливой стоимости. Согласно НСБУ № 74 она равна сумме денежных средств, которую организация получит (выплатит) в случае реализации (погашения) финансового инструмента. Для получения такой информации необходима оперативная информация с реально функционирующего рынка финансовых инструментов. Однако данный рынок в РБ нельзя назвать активным. Из всего комплекса финансовых активов реально используются только акции и облигации. Сделки по покупке и продаже акций на валютно-фондовой бирже происходят в единичных случаях, а облигации, как правило, выкупаются самими же эмитентами по истечении срока их обращения. Вследствие этого справедливая или рыночная стоимость данных финансовых активов равна их номинальной стоимости. Справедливая стоимость производных финансовых инструментов не может быть определена ввиду их фактического отсутствия на рынке.

Выводы

Функционирование финансовых инструментов характеризуется многообразием их оценок, а также постоянной динамикой под действием рыночных факторов. Для их правильного использования финансовым и учётным работникам необходимо знать сущность множества финансовых терминов и категорий, механизм их действия на практике.

Бухгалтерский учёт финансовых активов и обязательств значительно усложнился. Существующая система подготовки бухгалтеров в вузах РБ не предусматривает глубокое изучение финансовых инструментов и механизма их функционирования. Для правильной оценки ФИ финансовые работники должны иметь возможность получать оперативную информацию с фондового рынка о совершённых с их применением сделках. Однако такой информации недостаточно ввиду неразвитости и неактивности данного рынка в республике.

В целом можно констатировать, что указанный нормативный правовой акт (НСБУ № 74), во многом скопированный с аналогичного международного документа, пока опережает сложившуюся хозяйственную практику и уровень подготовки специалистов в Республике Беларусь. Вследствие этого его практическое применение вызовет определённые трудности у работников финансовых и бухгалтерских служб организаций.

УДК 338
НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АНТИМОНОПОЛЬНОГО
РЕГУЛИРОВАНИЯ ЦЕНОВОГО СГОВОРА СУБЪЕКТОВ
ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

И. В. ИВАНОВСКАЯ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Достижение ценовой стабильности национальной экономики и снижение уровня инфляции до 3...4 % в год, запланированных в Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года, возможно путем пресечения ценового сговора (антиконкурентных ценовых соглашений) субъектов хозяйствования на внутреннем рынке, активно проявившихся после вступления в силу в 2011 г. нормативных актов, направленных на либерализацию ценообразования.

Несмотря на значительные изменения в антимонопольном законодательстве и практике антимонопольного регулирования в Республике Беларусь в сравнении с 2011 г., в процедурах выявления и пресечения антиконкурентных ценовых соглашений все еще имеют место некоторые пробелы, значительно снижающие возможности антимонопольных органов в борьбе с антиконкурентным поведением субъектов хозяйствования: отсутствует теоретическая база выявления и прекращения явного и молчаливого ценового сговора, а также недостаточно формализован процесс его выявления и прекращения.

Для совершенствования антимонопольного регулирования антиконкурентных ценовых соглашений субъектов хозяйствования предлагается:

во-первых, ввести в антимонопольное законодательство понятие «ценовой сговор» как форму взаимодействия товаропроизводителей (продавцов), существование которой возможно и в явной, и в молчаливой форме и только в условиях олигополистической структуры рынка; указать объекты, субъектов, цели, условия возникновения и существования, механизмы возникновения и жизнеспособности, последствия для национальной экономики;

во-вторых, начинать процедуру выявления ценового сговора не по причине подозрения товаропроизводителей (продавцов) в злоупотреблении доминирующим положением, а после оценки величины их рыночной власти, наличие которой может быть следствием существования ценового сговора;

в-третьих, доказывать существование ценового сговора посредством анализа динамики и синхронности изменения цен всеми олигополистами, а не на основе анализа уровня и структуры этих цен;

в-четвертых, ценовой сговор товаропроизводителей (продавцов) в случае доказательства его существования разрушать на основе количественного определения соотношения величины экономического ущерба от сговора в краткосрочном периоде (вследствие технологической и аллокативной неэффективности отрасли) и прироста общественного благосостояния от него в долгосрочном (вследствие роста динамической эффективности отрасли), принимая во внимание расходы на антимонопольное администрирование.

УДК 336.02

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ НАЛОГ КАК ИНСТРУМЕНТ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

С. М. КАРАНЕВИЧ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В настоящее время проблемы, связанные с ухудшением экологии являются одними из самых актуальных, так как возникают почти во всех сферах жизнедеятельности человека.

При стремительном развитии наукоемких технологий наблюдается рост загрязнения окружающей среды и степени истощения природных ресурсов. Для нормальной жизнедеятельности любого общества необходимо обеспечить бережное отношение к окружающей нас природе. Люди должны научиться беречь то немногое, что еще осталось, и пытаться восстановить уже погибшее, а также ограничить свое негативное воздействие на окружающий мир и стремиться не допустить его дальнейшего разрушения.

В современном мире одним из эффективных экономических инструментов охраны окружающей среды является экологический налог.

Заинтересованность в экологическом налоге в развитых странах возросла в конце 80-х г. XX в. В 90-х г. XX в. это направление стало развиваться почти во всех крупных европейских государствах (Великобритания, Франция, Италия и Германия). Рост значимости экологического налога является важнейшим направлением в реформировании налоговой системы данных стран в целом.

Однако само понятие «экологический налог» было разъяснено только в 2002 г. в финансово-экономическом энциклопедическом словаре.

В РБ ставки экологического налога впервые были установлены постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 11 мая 1990 г. № 119 и закреплены Законом «О налоге за использование природных ресурсов (экологический налог)». С 1 января 1992 г. данный налог нашёл свое отражение в законе «О налогах и сборах, взимаемых в бюджет Республики Беларусь».

С развитием законодательной базы в области налогообложения с 2010 г. все вопросы, связанные с исчислением и уплатой экологического налога, регулируются Налоговым кодексом РБ. С 1 января 2019 г. положения, касающиеся данного налога, отражены в главе 21 Особенной части Налогового кодекса, а ставки по экологическому налогу устанавливаются в размерах согласно приложениям 7–9.

Доля экологического налога (вместе с налогом за добычу природных ресурсов) в структуре налоговых доходов РБ за первое полугодие 2019 г. составила всего лишь 2,8 %. Это не в полной мере позволяет решить экологическую проблему, однако модернизация производства, снижение объема выбросов в атмосферу, использование чистых производственных технологий позволяет предприятиям управлять налоговым бременем, снижать налоговую нагрузку. Кроме того, экологический налог при правильном использовании может служить эффективным инструментом регулирования в сфере экологии.

УДК 338.242.2

ВИДЫ МАРКЕТИНГА ИННОВАЦИЙ

Л. А. КЛИМОВА

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В экономической литературе выделяют несколько видов маркетинга инноваций, которые характеризуются соответствующими методами исследования:

- международный и внутренний инновационный маркетинг;
- маркетинг рискованных инноваций и исследований;
- маркетинг контрактных (или по-другому – научных) исследований;
- стратегический маркетинг (в свою очередь, делится на регулярный и санационный);
- маркетинг устаревших, современных и новых технологий;
- тактический маркетинг.

Международный маркетинг инноваций проявляется в способности предприятия реализовать инновационный товар, новые технологии и формы научно-технического кооперирования, используя лицензионную и патентную формы международной торговли с помощью применения международных стандартов ведения хозяйственной деятельности, теории и инструментов международного маркетинга.

Внутренний инновационный маркетинг является, по сути, исследованием рыночных и маркетинговых возможностей относительно их реализации с целью становления инновационной деятельности предприятий.

Маркетинг рискованных исследований и инноваций используется, чтобы отследить соотношение спроса и предложения на инновации, количество и качество заключенных сделок, динамику цен на инновации, характер спроса.

Маркетинг контрактных (научных) исследований способствует выявлению возможности для реализации научных результатов наукоемкими организациями, используя достижения научно-технического прогресса и основываясь на потребности конечных потребителей

Маркетинг устаревших технологий исследует устаревшие технологии для выявления возможности наладить выпуск новый товар с целью завоевания рыночной ниши.

Маркетинг современных и новых технологий исследует маркетинговые возможности для освоения горизонтальной диверсификации инновационного бизнеса при осуществлении выпуска инновационных видов продукции. При этом новый товар технологически не связан с устаревшими производственными технологиями, но необходим существующим потребителям.

Также целью этого вида маркетинга может стать стремление к

конгломератной диверсификации, характеризующееся выходом на инновации, не имеющие связи с нынешними товарами и клиентами.

Стратегический маркетинг в инновационной сфере – это стратегические намерения субъекта хозяйствования по вопросам достижения маркетинговой координации на рынках продуктов, капитала, труда и технологий с целью приспособления к существующим условиям для достижения конкурентных преимуществ инновационного предприятия.

Тактический маркетинг характеризуется перемещением нового товара из одного продуктового ряда в другой.

Маркетинг инноваций, выступающий составной частью методологии системного подхода в изучении инновационных процессов, имеет определенную позицию на предприятии, которая отображена на рис. 1.



Рис. 1. Позиция маркетинга инноваций в структуре инновационных процессов организации

Можно сделать вывод о наличии взаимосвязи маркетинга инноваций со всеми уровнями инновационного процесса и о расположении его не на окончательном этапе, а в постоянной координации с системой инновационных процессов организации; непрерывно генерируется при этом механизм обратной связи с потребителями и рынком, осуществляется контроль над отражением результатов инновационных процессов в экономике.

УДК 338.242.2 (630.6)

ТИПЫ ИННОВАЦИЙ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Л. А. КЛИМОВА

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Лесное хозяйство предполагают разработку и внедрение следующих типов инноваций.

1. Инновации в сфере различных видов ресурсов. Например, поощрение применения той древесины, которая поставляется меньшими по активности лесопользователями либо которая производится из непопулярных пород деревьев, увеличение производительности лесов благодаря интенсификации методов управления, качественное улучшение деревьев ввиду применения биотехнологий (включают селекцию древесных пород с применением молекулярных маркеров для обеспечения роста производительности, повышения устойчивости пород к воздействию последствий изменения климата и др.), генетическая модификация деревьев, вегетативное размножение, использование «облачных» технологий и компьютерных инструментов на протяжении всего процесса инвентаризации лесов, передовые методы дистанционного зондирования.

2. Инновации в сфере продукции – новые либо существенно улучшенные продукты. Например, гранулы, композитные материалы с применением древесины, древеснополимерных материалов, наноцеллюлозы, биоразлагаемой упаковки для пищевых продуктов, арабиногалактан, который образуется из лиственницы, восстановление почвы, биопластик, производство биоудобрений из биомассы.

3. Технологические инновации – новые или существенно усовершенствованные производственные процессы или методы поставок. Например, системы, которые ориентированы на отслеживание происхождения древесины с целью гарантии законности ее заготовки, системы, направленные на обнаружение и применение средств контроля за дистанционными процессами, комбинированное производство тепловой и электроэнергии, усовершенствованная комплексная биопереработка, разведение насекомых на древесных отходах для производства белка для корма животных, ферментация или гидролиз древесных отходов для производства жидкого биотоплива.

4. Инновации в сфере маркетинга – новые методы маркетинга, которые охватывают дизайн самой продукции, упаковку, размещение и продвижение продукции на рынке, методику ценообразования. Например, экомаркировка, группа товаров «сделай сам», указание «углеродного следа» продукции и объема воды, который был израсходован на ее производство, изготовление упаковки из биологического сырья с целью удобства рециркуляции и удаления,

использование социальных сетей и интернета с целью осуществления маркетинга и электронной бизнес-торговли.

5. Организационные инновации – новая организационная структура, совершенствование в сфере деловой практики ведения бизнеса и планирования деятельности, а также повышение уровня квалификации работников. Например, современные методы в использовании информационно-коммуникационных технологий, повышение эффективности сбытовых цепочек, передача производства полуфабрикатов на внешний подряд, применение виртуальных инструментов для управления производственными и складскими операциями, краудсорсинг при разработке новой продукции.

Инновационная политика Республики Беларусь предполагает разработку подхода, который основывается на создании социально-экономического потенциала «зеленого роста». Данный способ базируется на методах эффективного использования ресурсов, низких выбросах углеродных соединений. Так называемая «зеленая экономика» диктуется потребностями общества, которые заключаются в достойных благах, в том числе и инновационных. «Зеленая экономика» является моделью организации экономики, которая стремится к достижению целей в социально-экономическом развитии благодаря существенному сокращению уровня экологических рисков, а также темпа деградации окружающей среды. В связи с этим огромное значение отдается экономической, экологической и социальной роли лесного хозяйства, благодаря чему лесная отрасль переходит из традиционно сырьевой в инфраструктурную, которая занимает ключевые позиции народно-хозяйственного комплекса.

Анализируя зарубежный и отечественный опыт по данной теме, автор предлагает адаптированные принципы «зеленой» экономики для лесного хозяйства Республики Беларусь. Они заключаются в ресурсоэффективном и неистощительном лесопользовании, развитии биоэнергетики, в сохранении, защите, развитии и вкладе лесных ресурсов в глобальный круговорот углерода, в сильной социальной политике и высоком уровне жизни благодаря развитию лесного сектора, росте престижности лесных профессий, в повышении международного авторитета Республики Беларусь в качестве «зеленой» страны, в сонаправленности принципов, заключающихся в обеспечении устойчивого развития страны и общих принципов «зеленой» экономики, в превентивном подходе в отношении социальных и экологических рисков, в справедливости и объективности между рамками одного поколения и между поколениями. Суть подавляющего большинства инноваций в «зеленой» экономике заключается в постепенном совершенствовании производственных и технологических процессов и продуктов благодаря снижению издержек, повышению конкурентоспособности выпускаемого товара и удлинению его жизненных циклов на рынке.

УДК 338.2

ЛОГИСТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТРУДОВЫМИ РЕСУРСАМИ

А. С. КОДОЛИЧ, Т. А. БОРОДИЧ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Важнейшая составляющая любой организации – работающие в ней люди, которыми необходимо управлять. Система управления трудовыми ресурсами включает в себя все аспекты взаимодействия работников с организацией. Для повышения эффективности управления трудовыми ресурсами предприятия необходимо выбрать правильную кадровую политику и удачно ее реализовывать, а также стремиться повысить показатели эффективности использования трудовых ресурсов. Результатом правильно организованной кадровой политики предприятия выступают рост производительности труда работников, повышение качества оказываемых услуг, рациональное использование ресурсов предприятия.

Проведенная комплексная оценка эффективности управления трудовыми ресурсами РУП «Белтаможсервис», Могилевский филиал, позволила установить основные проблемы по управлению трудовыми ресурсами, существующие на предприятии.

По результатам проведенного SWOT-анализа Могилевского филиала РУП «Белтаможсервис» были сделаны следующие выводы:

1) успех филиала обусловлен конкурентоспособными тарифами, профессионализмом сотрудников, оказанием полного комплекса логистических услуг, а также тем, что данное предприятие является крупнейшим оператором на рынке логистических услуг. Выход на новые рынки возможен при условии их сохранения. Данные сильные стороны позволят увеличить спрос на оказываемые логистические услуги, будут способствовать увеличению доходов. Развитие информационных технологий позволит более качественно и быстро обслуживать клиентов;

2) такая угроза, как появление новых конкурентов, может привести к ухудшению конкурентной позиции филиала. Для получения дополнительных преимуществ Могилевскому филиалу РУП «Белтаможсервис» следует уделить больше внимания развитию информационных технологий, а также проведению рекламных мероприятий, презентаций различных услуг и направлений деятельности филиала.

В структуре персонала в 2018 году наблюдался рост среднесписочной численности работников торгово-логистической деятельности, в то время как численность промышленно-производственного персонала сократилась на 4,29 % и составила 134 чел. Из 124 чел. служащих численность руководителей и других служащих не изменилась и составила 7 и 8 чел.

соответственно, а численность специалистов сократилась на 5,22 % и составила 109 чел. против 115 чел. в 2017 году.

На предприятии работают высококвалифицированные специалисты; так, доля работников с высшим образованием составила 95,21 % в 2016 году, 97,86 % – в 2017 году и 95,5 % – в 2018 году. Что касается возрастного состава среднесписочной численности работников, то в структуре персонала преобладали сотрудники 30–39 лет. В 2018 году по отношению к 2017 году увеличилась численность работников в возрасте 25–29 лет на 4,55 %.

Прибыль на одного работника предприятия в 2018 году по отношению к 2017 году сократилась на 36,89 % и составила 68,04 р./чел., что указывает на сокращение эффективности деятельности трудовых ресурсов предприятия. Заработная плата на 1 р. выручки в 2018 году увеличилась на 4,34 % по сравнению с предыдущим годом и составила 0,70 р., а заработная плата на 1 р. прибыли увеличилась на 67,37 % и составила 8,16 р.

Для разработки путей по улучшению результатов деятельности Могилевского филиала РУП «Белтаможсервис» был установлен показатель, повышение которого влияет на конечные финансовые результаты деятельности предприятия.

Был проведен корреляционно-регрессионный анализ, который позволил выявить наиболее результативные направления совершенствования деятельности Могилевского филиала РУП «Белтаможсервис», позволяющие достичь максимального прироста рентабельности, что способствует повышению эффективности функционирования предприятия.

В итоге было установлено, что для более эффективного повышения рентабельности деятельности предприятия рекомендуется разрабатывать мероприятия по повышению мотивационной функции заработной платы, чтобы работники могли отслеживать зависимость своих трудовых усилий от оплаты труда на предприятии, а также по повышению оборачиваемости запасов как за счет роста выручки, так и за счет сокращения среднего складского запаса.

Общая сумма затрат на внедрение мероприятий по совершенствованию системы управления составит 99 000 р. в год, при этом экономический эффект составит 2 721 тыс. р.

Финансовые результаты при проведении того или иного мероприятия следует корректировать в момент принятия решения на его внедрение. Совокупный эффект необходимо рассчитывать в каждой конкретной ситуации отдельно, учитывая состояние как внутренней среды, так и внешней, т. к. любые неучтенные обстоятельства могут существенно повлиять на конечный результат.

УДК 338

СОЗДАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ПРОДУКЦИИ
КАК ВЫХОД ИЗ КРИЗИСНОГО СОСТОЯНИЯС. Л. КОМАРОВА, А. Г. КРОТОВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

На сегодняшний день на рынке мясоперерабатывающей промышленности агропромышленного комплекса Республики Беларусь сложился высокий уровень конкуренции. Тенденции на рынке мяса изменчивы, лидирующую позицию занимает мясо птицы. Это объясняется тем, что мясо птицы является диетическим, имеет низкую цену и отличается вкусовыми характеристиками.

Рынок предприятий Могилевской области Республики Беларусь, занимающихся производством мяса птицы, представлен достаточно большим количеством предприятий: ЗАО Агрокомбинат «Заря», ОАО «Александрийское», «Бобруйский комбинат хлебопродуктов», ЗАО Птицефабрика «Вишнёвка», СЗАО «Серволюкс», ОАО Агрокомбинат «Приднепровский». При достаточно востребованной продукции рынком не все предприятия находятся в хорошем финансовом положении.

Самое сложное экономическое положение на сегодня сложилось у ОАО Агрокомбинат «Приднепровский». Рентабельность продаж в 2018 г. составила – 35,3 %. Причиной такого минуса стала не совсем корректная череда управленческих решений руководства ОАО Агрокомбинат «Приднепровский», отсутствие новых подходов в производстве традиционных продуктов, устаревшие технологии, плохое планирование. Например, птицу и яйцо реализовывали по цене ниже ее себестоимости. При этом убытки от такой деятельности составили 2269 тыс. р. в 2018 г. В 2019 г. финансовые показатели предприятия стали выглядеть не намного лучше.

Выход из такой сложной ситуации для ОАО Агрокомбинат «Приднепровский» есть, и он не всегда связан с процедурой банкротства. Если руководство предприятия сможет учесть объем вторичных ресурсов и направить их на дальнейшую переработку, внедряя инновационные технологии, то предприятие начнет получать прибыль.

Для удержания позиций предприятиям, относящимся к агропромышленному комплексу, нужно постоянно совершенствовать технологии производства, заниматься поиском инновационных идей, предлагать не только традиционную продукцию, но и совершенно новую для белорусского рынка.

В качестве основной рекомендации по совершенствованию деятельности мясоперерабатывающего предприятия было предложено производство сублимированных продуктов из мяса птицы, которое является отходами от основной деятельности, в связи с тем, что предприятие специализируется на производстве яйца, а птица продается населению и различным организациям по заниженной цене, из-за чего предприятие терпит убытки.

Если использовать мясо птицы как сырье для производства инновационного продукта, то предприятие сможет получать прибыль, а проект окупится в течение года. Удовлетворить ежедневные потребности человека в еде можно, не только используя традиционную форму приготовления продуктов, но предлагая здоровую сбалансированную сублимированную пищу, богатую микроэлементами, витаминами, широкому кругу потребителей, включая спортсменов, аллергиков, диабетиков.

Переход вещества из твердого состояния в газообразное, минуя стадию жидкого, – это процесс сублимации. Сублимированные продукты удобны в употреблении, так как перед их использованием достаточно добавить воды. Продукт будет почти неотличим от натурального. Технология вакуумной сублимационной сушки продуктов в настоящее время признана самой эффективной для сохранения вкуса, аромата, минерального и витаминного состава, обеспечивает сохранность формы, размера, цвета и запаха объекта высушивания. Еще одно важное преимущество – при хранении в диапазоне температур от -50 до $+50$ °С продукты почти не изменяются в течение нескольких лет. А если учесть, что потребителю будут предложены готовые завтраки, обеды и ужины с указанием точного состава блюда, его калорийности, количества белков, жиров, углеводов, то покупатели смогут с минимальными затратами времени употреблять вкусную и здоровую еду.

Для вывода предприятия из кризисной ситуации можно предложить мясо кур-несушек (отходы основного производства) использовать для производства нового инновационного продукта на рынке пищевой промышленности. Грамотный подход к продвижению данной продукции поможет быстро найти потребителя. Если мясо птицы не реализовывать по низким ценам, а подвергнуть дальнейшей технологической переработке – сублимации – и приготовить не только сублимированное мясо курицы, а полноценное блюдо (готовый завтрак или обед), то это позволит предприятию выйти из кризисного состояния и стать лидером белорусского рынка готовых сублимированных блюд.

УДК 656:004 (476)

РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ
СТОИМОСТИ ПОДДЕРЖАННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

В. А. ЛИВИНСКАЯ, В. В. КОРЖУКОВ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Прикладной статистический анализ данных, основанный на аппарате математической статистики с помощью современных информационных технологий, приобретает все большую популярность, в частности, при анализе рыночных цен. Этому способствует размещение в интернете огромного количества данных, находящихся в свободном доступе. Особую популярность у пользователей всемирной сети получили сайты-агрегаторы объявлений о продажах, подаваемых физическими и юридическими лицами. Данное исследование проводилось на основе информации, полученной с сайта объявлений о продаже легковых автомобилей AV.by [1] с целью сравнительного анализа эконометрических моделей двух наиболее популярных марок автомобилей класса С – VOLKSWAGEN и OPEL, занимающих наибольшую долю на рынке автомобилей этого класса, о чем свидетельствует рис.1. Для анализа были отобраны автомобили не старше 30 лет.

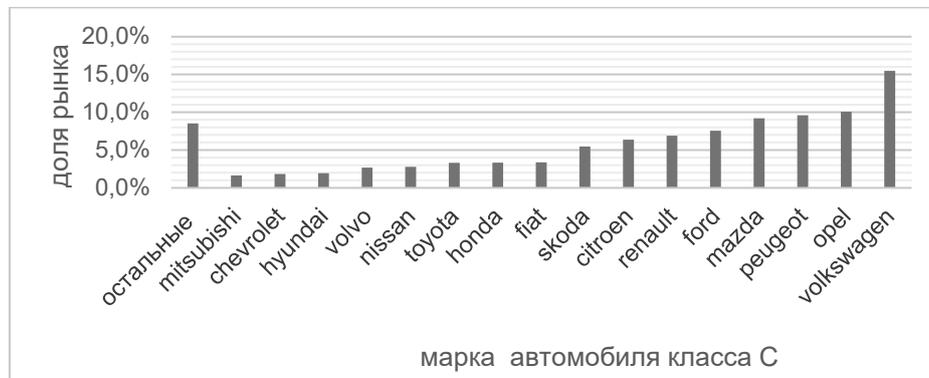


Рис. 1. Структура рынка предложения автомобилей класса С

Тестировалась линейная модель регрессии

$$LN(\text{Цена}) = B_0 + B_1 \cdot t,$$

где t – возраст автомобиля (лет); Цена – информация о цене предложения, долл. США.

Для принятия решения о возможности построения общего уравнения регрессии или для каждой марки отдельно были проведены тесты Колмогорова-Смирнова (о равенстве закона распределения в двух выборках) и t -test (о равенстве средних в двух выборках).

Оба теста отклонили нулевую гипотезу, поэтому для каждой марки оценивалась своя зависимость. Результаты представлены на рис. 2.

T-tests: Grouping: Марка (O_W.sta)											
Group 1: volkswagen											
Group 2: opel											
Variable	Mean volkswagen	Mean opel	t-value	df	p	Valid N volkswagen	Valid N opel	Std.Dev. volkswagen	Std.Dev. opel	F-ratio Variances	p Variances
LN(цена)	7,915953	8,067515	-3,97938	2704	0,000071	1639	1067	0,990654	0,932748	1,128018	0,031520

Kolmogorov-Smirnov Test (O_W.sta)									
By variable Марка									
Marked tests are significant at p < .05000									
variable	Max Neg Differnc	Max Pos Differnc	p-level	Mean volkswagen	Mean opel	Std.Dev. volkswagen	Std.Dev. opel	Valid N volkswagen	Valid N opel
LN(цена)	-0,144078	0,050634	p < .001	7,915953	8,067515	0,990654	0,932748	1639	1067

Рис. 2. Результаты проверки параметрической и непараметрической гипотез

Полученные результаты оценки в программе Statistica-7 представлены в табл. 1, согласно которой обе модели признаны статистически значимыми, объясняющими более 87 % вариации цены.

Табл. 1. Результат моделирования зависимости цены автомобиля от времени

Критерий качества модели	Марка	
	Volkswagen	Opel
R ²	0,880	0,873
F(R ²)	12179,000	7304,000
B0	9,903	10,004
B1	- 0,100	- 0,121
Std.Err. of B0	0,020	0,025
Std.Err. of B1	0,001	0,001

Анализируя коэффициенты при факторе *t* (возраст), следует отметить, что автомобили марки Volkswagen теряют в цене ежегодно 10 %, а автомобили марки Opel – 12 % ежегодно. Данную информацию следует учитывать всем участникам рынка.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Av.by [Электронный ресурс] // Сайт объявлений о продаже автомобилей. – Режим доступа: <https://av.by/index.php>.

2. Ливинская, В. А. Эконометрический подход к совершенствованию методики оценки рыночной стоимости объектов / В. А. Ливинская, В. А. Григорьев, В. А. Сыромолотова // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. 26–27 апр. 2018. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2018. – С. 454–456.

УДК 339.132.057.2

ОЦЕНКА РЫНКА ПОДЕРЖАННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ СРЕДСТВАМИ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

В. А. ЛИВИНСКАЯ, А. В. ПЕНЬКОВСКИЙ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Одним из показателей, характеризующих уровень жизни населения государства, является количество автомобилей, приходящихся на 1000 человек. В Беларуси этот показатель неуклонно растет последние годы. Так, по данным Белстата, в 2018 г. этот показатель составил 320 автомобилей, т. е. каждый третий гражданин республики гипотетически является автовладельцем. В соседнем государстве этот показатель в среднем немного ниже: по всей Российской Федерации он составляет 309,1 автомобиля на 1000 человек, а по Центральному Федеральному округу, граничащему с нашей республикой, информация представлена на рис. 1.

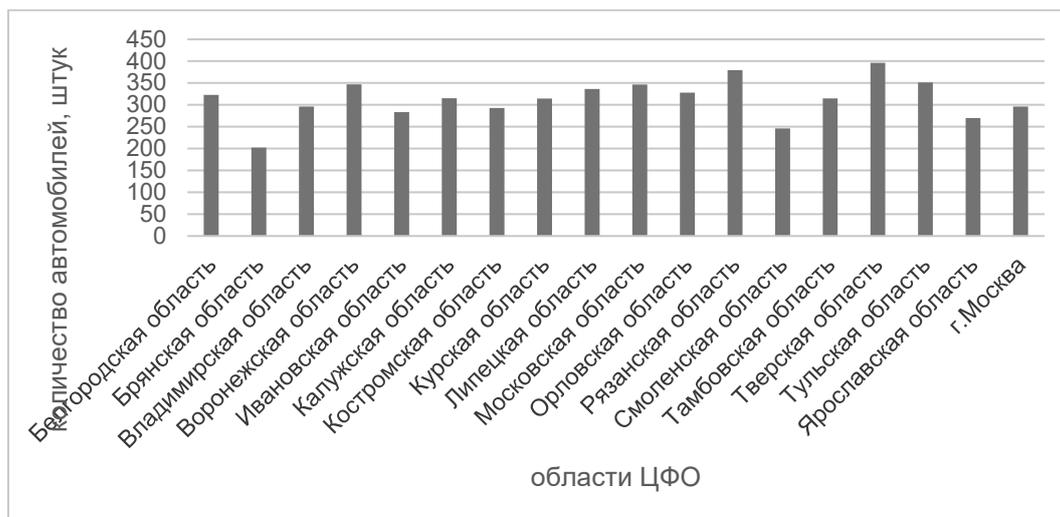


Рис. 1. Уровень автомобилизации Центрального Федерального округа

Наибольшее значение (392 автомобиля) в 2018 г. было у граждан Тверской области, наименьшее (200 автомобилей) – у жителей Брянской области.

Однако по количеству новых автомобилей, приобретенных гражданами в 2018 г., Республика Беларусь существенно отстает от своей соседки. По данным портала «За рулем» [1], в этот период в России лидировали Санкт-Петербург и Москва (19 и 17 штук на 1000 человек соответственно).

В нашей стране в 2018 году было куплено 52 835 новых автомобилей, что составляет (при среднегодовой численности 9491,8 тыс. человек) 5,5 автомобилей на 1000 человек. Таким образом, основная масса

автовладельцев нашей республики рассматривает в качестве потенциального рынок подержанных автомобилей, поэтому его анализ представляется актуальной задачей.

Основной целью такого анализа является оценка стоимости легкового автомобиля на вторичном рынке, которая формируется под воздействием целого комплекса факторов.

С помощью парсинга интернет-сайта avto.ru была извлечена выборка из 17 742 объявлений (рассматривался г. Москва как наиболее интересный для белорусов сегмент российского рынка). Анализировались автомобили не старше 30 лет.

Предварительный статистический анализ очищенных данных показал, что основную долю вторичного рынка составляют автомобили классов В и J (24,01 и 43,5 % соответственно). Возрастная структура этих классов представлена на рис 2. Так, 55 % автомобилей класса В на рынке возраста от 18 до 27 лет, лишь 10 % относительно новые (от 7 до 1 года). Автомобили класса J представлены на рынке более молодыми (около 90 % не старше 7 лет).

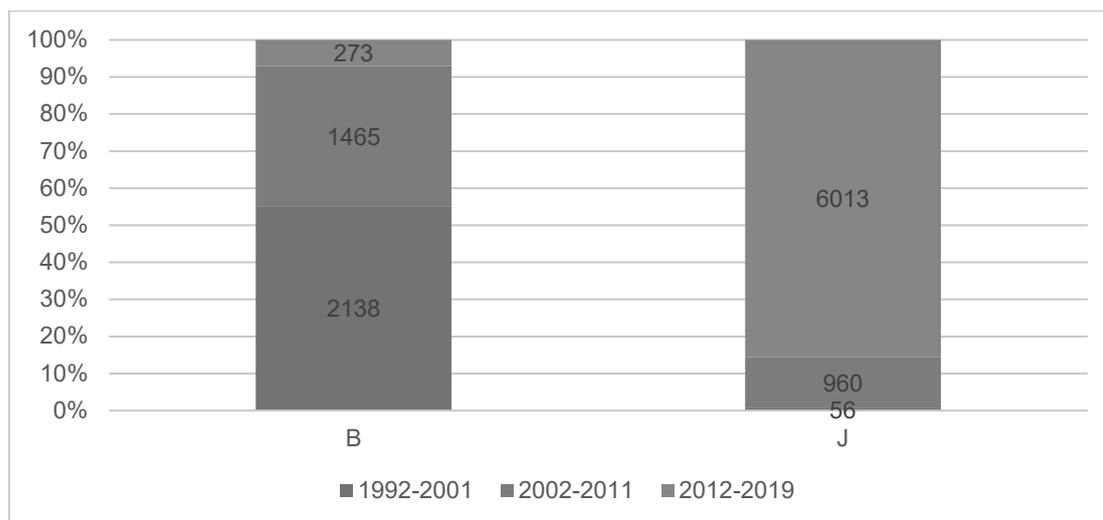


Рис. 2. Возрастная структура автомобилей классов В и Ж

Анализ структуры каждого класса по маркам показал, что 86,7 % автомобилей класса В в выборке пришлось на российскую марку Lada (ВАЗ) различных моделей, а класс Ж представлен автомобилями Land Rover (6,7 %), Lexus (8,9 %), BMW (11,9 %), Mercedes-Benz (14,9 %), Toyota (21,9 %).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. За рулем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.zr.ru/content/news/915493-rejtingi-regionov-po-kolichestvu/>.

УДК 338

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ОТРАСЛЕЙ ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Т. М. ЛОБАНОВА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Инвестиции в реальный сектор экономики являются необходимым условием технического прогресса, направленного на производство конкурентоспособной продукции за счет совершенствования технологий, повышения производительности труда, снижения издержек производства.

В работе исследовалась зависимость между инвестициями в отрасли обрабатывающей промышленности и такими показателями эффективности технического прогресса, как производительность труда, прибыль на одного работника, объем производства, экспорт. Источником информации выступали данные Национального статистического комитета. Исследуемые показатели отражают как интенсивный рост отрасли, так и экстенсивный. Для учёта различия масштабов отраслей в качестве независимой переменной использовалось соотношение объёмов инвестиций и объёмов производства отрасли. Показатели эффективности исследовались в части их темпов роста под влиянием инвестиционных процессов. Корреляционный анализ показал значимую сильную связь между инвестициями и ростом прибыли в расчете на одного работника и производительности труда. Коэффициенты корреляции составили 0,86 и 0,61 соответственно при *t*-статистике 5,39 и 2,45. Немного в меньшей степени зависимость наблюдается между влиянием инвестиций на объемы производства и экспорт. Построенные регрессионные уравнения позволяют оценивать возможный рост показателей эффективности отрасли при увеличении капиталовложений в нее.

Результаты анализа подтвердили существование эффекта от проводимой модернизации, однако существует проблема дефицита инвестиционных ресурсов. Так, доля капиталовложений в обрабатывающую промышленность снизилась с 9...10 % от ВВП в 2011–2014 гг. до 8,5 % в 2015 г., а на протяжении последних 4 лет остается на уровне 5,7...5,8 %. Таким образом, вложенные ранее средства не приносят быстрой отдачи и дальнейшая инвестиционная активность снижается. При принятии решения о выборе объекта инвестирования следует формировать сбалансированный по срокам, видам и эффективности портфель проектов. Краткосрочные коммерческие проекты будут приносить быструю отдачу, за счет чего станет возможным финансировать долгосрочные и социальные.

УДК 338.2

ПРОБЛЕМА РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДУКЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

О. Д. МАКАРЕВИЧ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В рамках проведенного исследования предложена следующая последовательность действий, которая позволит выработать основные направления стратегического развития системы распределения продукции:

– анализ существующей системы распределения готовой продукции предприятия с использованием элементов функционально-стоимостного анализа, портфельных методов и SWOT-анализа;

– разработка плана по развитию выявленных рыночных возможностей предприятия на будущее;

– построение оптимизационной модели на основе диаграмм Ганта, которая позволит выявлять резервы дополнительной возможной экономии трудо-часов и денежных средств при реализации стратегического плана.

Проблемой для реализации разработанного стратегического плана распределения продукции является недостаточная проработка условий транспортно-логистического обеспечения процесса распределения, при организации которого должны решаться следующие задачи:

– образование транспортных систем, включая мультимодальную систему;

– планирование транспортных процессов;

– образование непрерывной цепи транспортно-складского процесса;

– определение вида транспорта и способа транспортировки;

– оптимизация транспортного процесса и маршрутов доставки;

– оптимизация формы товародвижения в системе распределения.

В рамках данного исследования проведено сравнение форм снабжения готовой продукцией торговых точек предприятия – транзитной и складской. Расчет затрат для шести потребителей при транзитной и складской формах поставок показал, что экономия в результате применения складской формы поставок может составить 3,78 тыс. р. в год только в Могилевском регионе, что позволит повысить эффективность системы товародвижения цепи поставок готовой продукции. Эффект будет выражаться в экономии затрат на реализацию, снижении их уровня, а следовательно, в повышении рентабельности деятельности, а также в снижении запасов готовой продукции. Подводя итог, можно сделать вывод о том, что применение данных мероприятий на практике позволит улучшить распределительную деятельность и расширить целевую аудиторию для повышения эффективности деятельности в целом.

УДК 338.2
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ПРЕДПРИЯТИЯ

М. В. МОРОЗ, Т. А. БОРОДИЧ, Т. Г. НЕЧАЕВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Быстрые изменения предпочтений покупателей, их запросов относительно качества доставки продукции ведут к необходимости уменьшения сроков и объемов поставок, сокращения запасов времени и материалов. Решить эту проблему можно только с помощью гибкой системы управления производством и логистики.

ОАО «Рогачевский МКК» является экспортно-ориентированным предприятием по производству натуральной молочной продукции, и на экспорт идёт более 80 % продукции. На предприятии действует хорошо отлаженная система по обеспечению производства всеми необходимыми ресурсами, сырьем, основными и вспомогательными материалами. Материально-техническое обеспечение процесса производства на ОАО «Рогачевский МКК» осуществляется по сложившимся хозяйственным связям на основе заключения договоров с поставщиками сырья, материалов и топливно-энергетических ресурсов.

За транспортную логистику на ОАО «Рогачевский МКК» отвечает транспортный цех. На сегодняшний день транспортный цех оснащен автомобильным парком, который насчитывает 170 единиц автомобильной техники, для осуществления бесперебойной работы комбината.

ОАО «Рогачевский МКК» последовательно продвигает стратегию создания и укрепления собственных товаропроводящих сетей. Сбыт продукции РММК осуществляется через множество каналов продаж, включая независимых дистрибьюторов и оптовых поставщиков, сетевых розничных операторов, малые и средние магазины, открытые рынки и рестораны. Однако по мере роста значимости сетевой розницы компания реализует стратегию по увеличению доли прямых поставок, сохраняя при этом тесные и эксклюзивные партнерские отношения с независимыми дистрибьюторами на некоторых рынках.

Складское хозяйство ОАО «Рогачевский МКК» включает в себя 14 собственных складов на территории предприятия, а также склады комбикормового завода и склады фирмы «Пош», находящиеся в черте города. При этом технология складирования на предприятии не отвечает современным требованиям и нормам ведения складского хозяйства.

Логистическая деятельность в области складского хозяйства рассматривает проблемы стратегического размещения материальных ресурсов, совершенствования технологий и систем, способствующих

хранению товара, погрузочно-разгрузочным и прочим складским работам. Чтобы повысить эффективность использования складских помещений, необходимо провести мероприятия, позволяющие расширить объемы грузовых помещений под стеллажи для большей вместимости материалов и изделий.

Основное отражение результатов логистической деятельности находится в фактической величине издержек, связанных с выполнением фактических задач. В структуре логистических затрат предприятия наибольшую долю занимают затраты на закупку материальных ресурсов – 82,74 %, затраты на содержание запасов и затраты на доставку готовой продукции занимают 3,87 и 4,52 % соответственно. При этом логистическая деятельность ОАО «Рогачевский МКК» характеризуется высокой надежностью поставок и низкой вероятностью дефицита, а также высоким уровнем гибкости.

Одним из выявленных недостатков в ходе анализа является отсутствие на предприятии отдела логистики, поэтому основные отделы, выполняющие логистические функции, – отдел материально-технического снабжения и отдел продаж. Мероприятием по решению данного недостатка является внедрение отдела логистики на ОАО «Рогачевский МКК».

Для решения проблемы высокого уровня издержек на закупку материалов для упаковки продукции было предложено заменить основного поставщика пленки для цельномолочной продукции с целью снижения затрат за счет улучшения условий закупки и сокращения транспортно-заготовительных расходов. Внедрение данного мероприятия по снижению затрат на закупку расходных материалов и выбора более выгодного поставщика позволит снизить уровень материальных затрат в структуре общих издержек предприятия.

С целью обеспечения оптимальных условий транспортировки для доставки качественного сырья необходимо заменить устаревший подвижной состав, а именно приобрести новые автоцистерны для перевозки молока. Обновление подвижного состава позволит обеспечить своевременную и качественную доставку сырья, сократить риск нарушения технологий транспортировки и риск поставки некачественного сырья.

Экономический эффект от всех предложенных мероприятий составит 4 525,05 тыс. р., что свидетельствует о том, что все предложенные мероприятия по совершенствованию логистической деятельности предприятия ОАО «Рогачевский МКК» позволят сократить затраты и повысить эффективность производства продукции на комбинате, а внедрение современных управленческих технологий – обеспечить устойчивое и сбалансированное развитие предприятия на рынке.

УДК 336.7
БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В БАНКОВСКОМ СЕКТОРЕ

Л. В. ОЛЕХНОВИЧ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Информационная безопасность играет в коммерческих банках очень важную роль. Банковская информация – это информация, которая представляется для клиентов банка, а также для других потребителей. Кроме этого, банковской информацией является совокупность данных клиентов – как юридических, так и физических лиц. Несмотря на то, что одна информация находится в общем доступе, а другая является закрытой, в обоих случаях она нуждается в надежной защите.

С каждым днем схемы киберпреступлений становятся сложнее, совершенствуются способы обеспечения сетевой анонимности, все чаще появляются новые риски, вызовы и угрозы в информационном пространстве.

В Беларуси внедряются биометрические данные в качестве новой степени безопасности. Проект «Аутентификация физических лиц в Межбанковской системе идентификации и банках Республики Беларусь с использованием биометрических данных физических лиц» был инициирован Национальным банком Республики Беларусь еще в конце 2018 г.

Реализация данного проекта была осуществлена согласно Указу Президента Республики Беларусь от 18.04.2019 г. № 148 «О цифровых банковских технологиях».

Несмотря на динамичное развитие индустрии по защите информации, злоумышленники работают с опережением. И это происходит по той причине, что отсутствует механизм отработанной многоуровневой системы защиты, имеющиеся протоколы идентификации не обеспечивают безопасности.

Поэтому существует высокая потребность в новых механизмах контроля и пресечения попыток взлома.

В качестве высоконадежного метода идентификации предлагается использовать биометрические методы, обладающие высокой надежностью. Их внедрение существенно повысит безопасность системы, но потребует от внедряющей стороны ощутимых затрат на внедрение соответствующей инфраструктуры.

УДК 338.5

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ НА ПРОИЗВОДСТВО ПРОДУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Т. Н. ПАНКОВА, С. М. КАРАНЕВИЧ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В настоящее время в связи со сложившейся конъюнктурой рынка и накопленными значительными запасами готовой продукции у ряда промышленных предприятий наблюдается ухудшение результатов финансово-хозяйственной деятельности.

Анализ структуры затрат на производство продукции промышленных предприятий показывает, что в их составе наблюдается рост статей затрат, на которые предприятия самостоятельно влиять не могут. Так, анализ динамики затрат на производство продукции по основному виду деятельности ОАО «КМ» показал, что доля налогов, включаемых в затраты на производство продукции, составила в январе–сентябре 2019 г. 4,73 %, увеличившись, по сравнению с аналогичным периодом 2018 г., на 1,05 п.п. (табл. 1).

Табл. 1. Анализ динамики затрат на производство продукции по основному виду экономической деятельности

Показатель	Январь – сентябрь 2018 г.		Январь – сентябрь 2019 г.		Изменение		Темп роста, %
	сумма, тыс. р.	доля, %	сумма, тыс. р.	доля, %	сумма, тыс. р.	доля, п.п.	
1 Материальные затраты	1766	52,89	1018	37,34	-748	-15,55	57,6
В том числе:							
1.1 сырье и материалы	1413	42,32	728	26,71	-685	-15,61	51,5
1.2 работы производственного характера, выполненные другими организациями	25	0,75	33	1,21	8	0,46	132,0
1.3 топливно-энергетические ресурсы	282	8,45	212	7,78	-70	-0,67	75,2
1.4 прочие материальные затраты	46	1,38	45	1,65	-1	0,27	97,8
2 Затраты на оплату труда	865	25,91	945	34,67	80	8,76	109,2
3 Отчисления на социальные нужды	295	8,83	322	11,81	27	2,98	109,2

Окончание табл. 1

Показатель	Январь – сентябрь 2018 г.		Январь – сентябрь 2019 г.		Изменение		Темп роста, %
	сумма, тыс. р.	доля, %	сумма, тыс. р.	доля, %	сумма, тыс. р.	доля, п.п.	
4 Амортизация основных средств и нематериальных активов	207	6,20	205	7,52	-2	1,32	99,0
5 Прочие затраты	206	6,17	236	8,66	30	2,49	114,6
в том числе:							
5.1 начисленные налоги, включаемые в затраты на производство продукции	123	3,68	129	4,73	6	1,05	104,9
5.2 услуги других организаций	59	1,76	83	3,04	24	1,28	140,7
6 Итого затраты на производство продукции	3339	100,00	2726	100,00	-613	0,00	81,6
Объем производства продукции в отпускных ценах	3607		2227		-1380		61,7
Затратоемкость продукции	0,926		1,224		0,298		132,2

В табл. 2 приведена динамика начисленных налогов, сборов, платежей, включаемых в затраты на производство продукции.

Табл. 2. Динамика начисленных налогов, включаемых в затраты на производство продукции (с коэффициентом 2,5, установленным местными Советами депутатов)

Налог	2018 г.	2019 г.	Темп роста, %
Земельный налог, р.	89 105,80	120 739,42	135,5
Налог на недвижимость, р.	37 998,49	36 044,28	94,9

Из табл. 2 видно, что сумма земельного налога увеличилась за год на 35,5 %, что в совокупности с другими факторами привело к значительному росту затратоемкости продукции в 2019 г.

Вместе с тем в случае неприменения повышающих коэффициентов 2,5 к ставкам земельного налога и налога на недвижимость ОАО «КМ» смогло бы уменьшить затраты на производство продукции на 94,1 тыс. р. (табл. 3), что явилось бы резервом роста его прибыли.

Табл. 3. Сравнение сумм начисленных налогов, включаемых в затраты на производство продукции

Налог	2019 г. (факт)	2019 г. (без повышающих коэффициентов)	Изменение (+, -)
Земельный налог, р.	120 739,42	48 295,77	-72 443,65
Налог на недвижимость, р.	36 044,28	14 417,71	-21 626,57
Итого	156 783,70	62 713,48	-94 070,22

В соответствии с решением Могилевского городского Совета депутатов 27 декабря 2018 г. № 8-2 «О бюджете города Могилева на 2019 год» сумма земельного налога города составила 17 359 067 р. (доля ОАО «КМ» с учетом применения повышающего коэффициента 0,7 %), налога на недвижимость – 18 729 969 р. (доля ОАО «КМ» с учетом применения повышающего коэффициента 0,2 %). Это позволяет сделать вывод о том, что в налоговых доходах бюджета города доля ОАО «КМ» является незначительной, а для самого предприятия неприменение повышающих коэффициентов будет существенным резервом повышения конечного финансового результата.

УДК 330.34
 ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
 ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

Т. Н. ПАНКОВА, О. Д. МАКАРЕВИЧ
 Белорусско-Российский университет
 Могилев, Беларусь

Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016–2020 гг. определяет активную инновационную стратегию, которая реализуется преимущественно промышленными предприятиями страны, как фактор повышения конкурентоспособности национальной экономики. В этой связи в табл. 1 изучены основные показатели инновационной деятельности организаций промышленности.

Табл. 1. Основные показатели инновационной деятельности промышленных предприятий Республики Беларусь и Могилевской области

Показатель	Республика Беларусь			Могилевская область		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Число инновационно-активных организаций, реализующих технологические инновации, единиц	345	347	380	31	29	32
Затраты на технологические инновации						
всего, млн р.	774,6	1222,6	1134,9	99,3	60,2	98,5
в расчете на одну инновационно-активную организацию, тыс. р.	2245,2	3523,3	2986,6	3203,2	2075,9	3078,1
Затраты на исследования и разработки новых продуктов, новых процессов						
всего, млн р.	86,6	172,0	140,0	8,3	12,6	16,8
в расчете на одну инновационно-активную организацию, тыс. р.	251,0	495,7	368,4	267,7	434,5	525,0
Объем реализованной инновационной продукции и оказанных услуг инновационного характера,						
всего млн р.	10460,1	13040,7	16171,0	407,5	378,1	444,2
в расчете на одну инновационно-активную организацию, тыс. р.	30,3	37,6	42,6	13,1	13,0	13,9

Окончание табл. 1

Показатель	Республика Беларусь			Могилевская область		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Объем реализованной инновационной продукции и услуг инновационного характера, новых для внутреннего рынка, млн р.						
всего млн р	4550,1	6402,6	8932,0	160,5	161,8	259,9
в расчете на одну инновационно-активную организацию, тыс. р.	13,2	18,5	23,5	5,2	5,6	8,1
Объем реализованной инновационной продукции и услуг инновационного характера, новых для мирового рынка						
всего, млн р.	49,3	68,0	196,7	0	0	16,2
в расчете на одну инновационно-активную организацию, тыс. р.	142,9	196,0	517,6	0,0	0,0	506,3

Из табл. 1 видно, что в Республике Беларусь в 2018 г. число инновационно-активных организаций, реализующих технологические инновации, в 2018 г., по сравнению с 2016 г., увеличилось на 10,1 % при росте общей суммы затрат на технологические инновации на 46,5 %. При этом затраты на технологические инновации в расчете на одну инновационно-активную организацию увеличились на 33 %, а в 2018 г., по сравнению с 2017 г., они имели тенденцию к снижению. Затраты на исследования и разработки новых продуктов имели тенденцию роста в 2017 г. по сравнению с 2016 г. и тенденцию снижения в 2018 г. по сравнению с 2017 г. Также можно констатировать увеличение объема реализованной инновационной продукции и оказанных услуг инновационного характера как в целом по всем инновационно-активным организациям страны, так и в расчете на одну инновационно-активную организацию на протяжении 2016–2018 гг. Объем реализованной инновационной продукции и услуг инновационного характера, которые являются новыми для мирового рынка, в 2018 г., по сравнению с 2016 г., увеличился почти в 4 раза.

В Могилевской области наблюдается несколько иная ситуация. Из табл. 1 видно, что в 2018 г., по сравнению с 2016 г., число инновационно-активных организаций, реализующих технологические инновации, увеличилось на одну организацию (на 3,2 %) при снижении общей суммы затрат на технологические инновации, осуществляемых как всеми инновационно-активными предприятиями промышленности в этот период,

так и в расчете на одну такую организацию. При этом объем поставленной инновационной продукции и оказанных услуг инновационного характера имел отрицательную динамику в 2017 г. по сравнению с 2016 г. и положительную – в 2018 г. по сравнению с 2017 г. Также можно отметить, что в Могилевской области в 2016–2017 гг. отсутствовала отгрузка инновационной продукции и оказание услуг инновационного характера, новых для мирового рынка. В 2018 г. объем поставленной инновационной продукции и услуг инновационного характера, новых для мирового рынка, составил 16,2 млн р. или 8,2 % республиканского объема ее отгрузки.

Следовательно, инновационный потенциал промышленными предприятиями Могилевской области используется не в полной мере и требует разработки мероприятий, направленных на повышение ее инновационного потенциала, включая создание и развитие инжиниринговых структур для сопровождения научных проектов, комплексного внедрения технологий и разработок в производство, расширение взаимосвязи научных организаций, учреждений высшего образования и субъектов малого и среднего предпринимательства; проведение публичных мероприятий по содействию коммерциализации результатов научно-технической деятельности.

УДК 625.46
ПРИДОРОЖНЫЙ СЕРВИС И ЕГО РОЛЬ В РАЗВИТИИ
ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

С. Б. ПАРТНОВ, Е. С. КЛИМОВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Развитие сферы услуг придорожного сервиса с учетом современных потребностей транспортной инфраструктуры, международного опыта, требований пользователей автомобильных дорог и экономического потенциала страны предполагает:

- преимущественное комплексное развитие придорожного сервиса, в первую очередь на платных автомобильных дорогах и дорогах, входящих в международную сеть категории «Е»;
- создание благоприятных условий функционирования и увеличение количества объектов придорожного сервиса всех видов;
- благоустройство и оформление территории и сооружений объектов придорожного сервиса в современном эстетическом стиле;
- развитие дополнительных сервисных сопутствующих услуг (станции зарядки электромобилей, строительство стоянок караванеров, экспресс-мойки автомобилей, доступ в сети Интернет – wifi, зарядки электронных устройств, размещение банкоматов и безоператорных пунктов обмена валют).

Следует отметить, что насыщение страны качественной дорожной сетью с наличием большого числа современных объектов придорожного сервиса – это ее богатство. Оно определяет интеллектуальный, социальный, технический и культурный уровень государства.

Результаты анализа текущего состояния развития придорожного сервиса в Республике Беларусь показывают рост интенсивности движения транспортных средств на дорогах страны. Так, за последнюю пятилетку интенсивность движения увеличилась на 18,2 % или на 27 тыс. км на 1 км длины автодорог.

Наибольшая загрузка дорог наблюдается в Минской области, так как она является транзитной для большинства перевозчиков. Через нее проходят два трансъевропейских транспортных коридора. Поэтому при наличии наибольшей загрузки автодорог в Минской области наблюдается преимущественное количество объектов придорожного сервиса на данной территории, в отличие от других областей. Наименьшее количество объектов придорожного сервиса – в Гомельской и Могилевской областях.

Исследования генеральной схемы развития придорожного сервиса на республиканских автодорогах до 2020 г. показывают, что среднее расстояние между различными объектами придорожного сервиса

превышает рекомендуемое среднее расстояние по обследуемым объектам и следующим областям:

- АЗС – по Витебской, Гомельской, Могилевской областям;
- пункты питания – по Могилевской области;
- охраняемые стоянки, пункты постоя, СТО – по всем областям Республики Беларусь.

Обеспеченность объектами сервиса республиканских автодорог по среднему расстоянию между объектами одного вида составляет: для АЗС – 42 км, пунктов питания – 30 км, что соответствует рекомендуемым расстояниям согласно генеральной схеме развития придорожного сервиса. В то же время в странах Евросоюза это расстояние составляет: для АЗС – около 12...15 км, пунктами питания – около 11...14 км.

Наиболее представленными видами объектов придорожного сервиса в республике являются пункты питания (28,8 %), площадки для отдыха (27,1 %) и АЗС (20,8 %). Наиболее посещаемыми объектами сервиса являются АЗС – 94 % населения посещали их за последнее время, а также кафе – 51,9 % населения.

Сеть АЗС в Республике Беларусь в настоящее время составляет около 850 единиц. На объектах придорожного сервиса наблюдается нехватка заправочных станций для электромобилей, подавляющее большинство которых находятся на АЗС ГПО «Беларуснефть», и расстояние между ними более 150 км, что на порядок выше, чем в странах Евросоюза. Сфера придорожного сервиса в странах ЕС является высококонкурентной отраслью, в которой происходит быстрое формирование привилегий, связанных с развитием мелких и средних сетей придорожного сервиса.

С этой целью необходимо разработать мероприятия для вовлечения частного сектора в развитие придорожного сервиса:

1) поддержка предпринимательской активности в сфере придорожного сервиса, совершенствования взаимодействия государства с заинтересованными субъектами хозяйствования путем создания соответствующих государственных программ и предоставления государственной помощи объектам придорожного сервиса;

2) создание и поддержка ассоциации предприятий и отраслевых союзов предприятий, оказывающих услуги в сфере придорожного сервиса;

3) стимулирование инвестиционной привлекательности бизнеса в сфере услуг придорожного сервиса;

4) создание систем гарантии, как государственных, так и корпоративных, для объектов придорожного сервиса.

УДК 338.2
РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА В УСЛОВИЯХ
НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

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

Любая инновационная деятельность субъектов хозяйствования всегда связана с риском, так как результат этой деятельности определяется влиянием множества внутренних и внешних факторов, которые могут как усилить его, так и снизить. Это требует учета и оценки неопределенности и рисков реализации инновационного проекта.

Такая оценка заключается в выделении видов риска и выборе методов их оценивания на основе качественного и количественного видов анализа. Качественный анализ должен включать идентификацию факторов риска, определение этапов и работ инновационного проекта, при выполнении которых может возникнуть риск. Таким образом устанавливаются потенциальные области риска и определяются все виды возможных рисков. Цель количественного анализа – определить размеры отдельных видов риска и риска реализации проекта в целом, что позволяет определить эффективность реализации проекта с учетом рисков. Кроме того, по результатам проведенного анализа можно выявить наиболее значимые факторы рисков с учетом вероятности их появления и величину возможного ущерба или упущенной выгоды. При этом появляется возможность доработки проекта в части предусмотрения дополнительных мероприятий, необходимых резервов или других инструментов с целью минимизации рисков и управления ими. Если факторы риска относятся к группе внутренних по отношению к предприятию, то существует возможность разработки мероприятий различного характера (технологических, технических, экономических, организационных), непосредственно определяющих значение факторов риска. Для внешних факторов обеспечить такое влияние практически невозможно, поэтому в этом случае требуются мероприятия, повышающие эффективность использования необходимых при реализации проекта ресурсов.

Такой подход применялся при разработке инновационного проекта по организации производства нового вида продукции (сэндвич-трубы) для предприятия ЗАО «Завод полимерных труб». В результате оценки инновационного проекта были выявлены следующие группы рисков: технологические риски (вероятность наступления низкая – до 10 %); риски, связанные с политикой (вероятность наступления низкая – до 10 %); риски социального характера (вероятность наступления низкая – до 10 %); производственные риски (вероятность наступления низкая – до 10 %);

финансовые риски (вероятность наступления высокая – 50...75 %); торговые риски (вероятность наступления низкая – до 10 %).

Таким образом, возникла необходимость количественной оценки финансовых рисков. Для этого применялся анализ чувствительности, обеспечивающий получение количественной оценки влияния каждого из факторов риска на результативность инновационного проекта. При этом учитывались следующие внешние и внутренние по отношению к предприятию факторы: спрос на новую продукцию (сэндвич-трубы); стоимость основного материала (ПЭ гранул); курс российского рубля (продукция реализуется в Россию); тарифная ставка первого разряда; тариф на электроэнергию. В качестве критерия оценки эффективности проекта применялся ожидаемый чистый дисконтированный доход (NPV). Оценка чувствительности данного критерия к изменению выбранных внешних и внутренних факторов показала, что наибольшее влияние оказывают два внешних фактора: спрос на новую продукцию и курс валюты (российского рубля).

Для управления и разработки мероприятий по снижению риска осуществлялась оценка устойчивости проекта на основе сценарного анализа, который учитывает одновременное изменение факторов. Для двух факторов достаточно сформировать три возможных сценария развития событий, в которых риск возникает при их негативном влиянии:

- рост спроса на новую продукцию и снижение курса валюты;
- снижение спроса на новую продукцию и рост курса валюты;
- рост спроса на новую продукцию и снижение курса валюты.

Сценарии с изменением значения только одного фактора и с одновременным положительным влиянием всех рассматриваемых факторов не представляют интерес для исследования. Для оценки устойчивости проекта требуется определение возможного интервала изменения выбранных факторов. Подход к определению границ интервала зависит от вида фактора и основан на анализе динамики изменения значения фактора за определенный период времени. Так, для определения интервала изменения спроса на рынке необходимо провести анализ динамики реализации аналогичной продукции за несколько лет. Оценить возможный интервал изменения курса валюты можно за более короткий период времени (до года).

Осуществляя расчет показателей эффективности проекта с учетом возможных изменений выявленных факторов, необходимо сравнить полученные значения с исходным ожидаемым вариантом. В зависимости от степени отклонения значений критериев оценки от ожидаемого (запланированного, нормативного) уровня оценивается степень риска. В результате проведения сценарного анализа для рассматриваемого проекта степень риска его реализации невысока даже при одновременном негативном изменении рассматриваемых факторов.

УДК 338.2
ПОИСК ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ПРЕДПРИЯТИЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Т. В. ПУЗАНОВА, Х. А. МЕНЛИЕВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Устойчивость любой хозяйственной системы, ее конкурентоспособность определяются эффективностью хозяйствования предприятий, которая является коренным вопросом предпринимательской деятельности.

Проблема разработки путей повышения эффективности деятельности предприятия является одной из важнейших задач, которые приходится решать в процессе его функционирования. Разработка путей повышения эффективности деятельности предприятия – это циклическая последовательность действий субъекта управления, направленных на разрешение проблем организации и заключающихся в анализе ситуации, генерации альтернатив, принятии решения и организации его выполнения.

Без эффективной организации деятельности любое предприятие теряет способность эффективно существовать не только в краткосрочной перспективе, но и успешно конкурировать с предприятиями отрасли в долгосрочном периоде.

В настоящее время проблема эффективности предприятий имеет особое значение для Республики Беларусь. При анализе оценки эффективности деятельности белорусские предприятия в 90 % случаев в своей деятельности руководствуются исключительно финансовыми показателями. Однако при этом не существует единого обобщающего показателя, определяющего эффективность его функционирования. Многие экономисты принимают точку зрения, согласно которой эффективность деятельности предприятия должна отражаться системой показателей.

Разработка и обоснование путей повышения эффективности деятельности старейшего предприятия пищевой отрасли промышленности Республики Беларусь ОАО «Красный пищевик» является одной из важнейших предпосылок оптимального ведения хозяйственной деятельности предприятия. Предприятие специализируется на производстве пастило-мармеладных изделий и ассортиментный перечень насчитывает более 140 видов. Производственные мощности позволяют выпускать более 20 тыс. т кондитерских изделий в год. Продукция производится по классическим технологиям и используется натуральное сырье, поэтому обладает уникальными вкусовыми качествами, пищевой и биологической ценностью.

Задачами разработки и обоснования путей повышения эффективности деятельности ОАО «Красный пищевик» являются:

- обеспечение оптимального развития предприятия и его структурных подразделений;

- выявление проблем развития деятельности организации;

- формулирование долговременных и краткосрочных целей организации, стратегии и тактики их достижения;

- предусмотрение трудностей, «подводных камней», которые могут помешать практической реализации путей повышения эффективности деятельности;

- определение лиц, ответственных за реализацию путей повышения эффективности деятельности;

- стимулирование трудовой активности работающих.

Процесс разработки и обоснования путей повышения эффективности деятельности на ОАО «Красный пищевик» включает:

- проведение анализа эффективности хозяйственной деятельности организации;

- выявление проблем и слабых сторон деятельности предприятия;

- определение путей повышения эффективности деятельности;

- составление плана реализации путей повышения эффективности деятельности и расчет их экономической эффективности;

- реализация путей повышения эффективности деятельности;

- оценка эффективности реализации путей повышения эффективности деятельности.

Анализ динамики результативности деятельности предприятия за 2016–2018 гг. показал снижение показателей прибыли от реализации и рентабельности продукции, но при этом затраты на рубль товарной продукции имеют устойчивую тенденцию к снижению, что характеризует эффективное использование ресурсов предприятия. Темп роста расходов на реализацию превышает темп роста себестоимости продукции, что может характеризовать необходимость дополнительных затрат предприятия для присутствия на рынках с высоким уровнем конкуренции.

Таким образом, выявлены последствия проблемы, вызванные снижением ценовой конкурентоспособности продукции, что привело к снижению уровня ряда ключевых показателей эффективности в 2018 г. В этой ситуации наиболее актуальным направлением повышения эффективности является поиск путей снижения себестоимости продукции, а также выход на новые рынки, где можно успешно конкурировать с текущим уровнем цен. Реализация данного направления требует анализа динамики и структуры по рынкам и потребителям объемов реализации товарной продукции предприятия за рассматриваемый период времени с целью определения основных конкурентов и оценки уровня конкурентоспособности продукции.

УДК 631.145
СТРУКТУРА МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕГИОНА

Т. В. РОМАНЬКОВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Развитие промышленности Республики Беларусь и регионов неразрывно связано с их материально-техническим потенциалом, степенью его использования и возможностью наращивания.

Материально-технический потенциал является составным элементом промышленного потенциала и выступает одной из главных его составляющих. Поэтому от его состояния и эффективности использования будет зависеть эффективность функционирования промышленного комплекса регионов и государства.

Предлагается рассматривать материально-технический потенциал региона как сложное образование, представляющее собой совокупность материальных, технических и технологических средств, необходимых для осуществления хозяйственной деятельности (рис. 1).

Структура потенциалов		
технологический процесс	ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ	МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
технология		
готовая продукция и товары	МАТЕРИАЛЬНЫЙ	
товары отгруженные		
здания (цехи, склады, производственные сооружения и др.)	ТЕХНИЧЕСКИЙ	
сооружения (тоннели, эстакады, автомобильные дороги и др.)		
машины и оборудование		
инструмент, специальные инструмент и оснастка		
транспортные средства		
хозяйственный инвентарь		
передаточные устройства		
производственный инвентарь и принадлежности		

Рис. 1. Структура материально-технического потенциала

Величина материально-технического потенциала не является постоянной. Она зависит от наличия, состояния и эффективности использования материального, технического и технологического потенциалов, т. е. от грамотного управления.

Показатели наличия, состояния и эффективности предлагается рассматривать в аспектах, представленных на рис. 2.

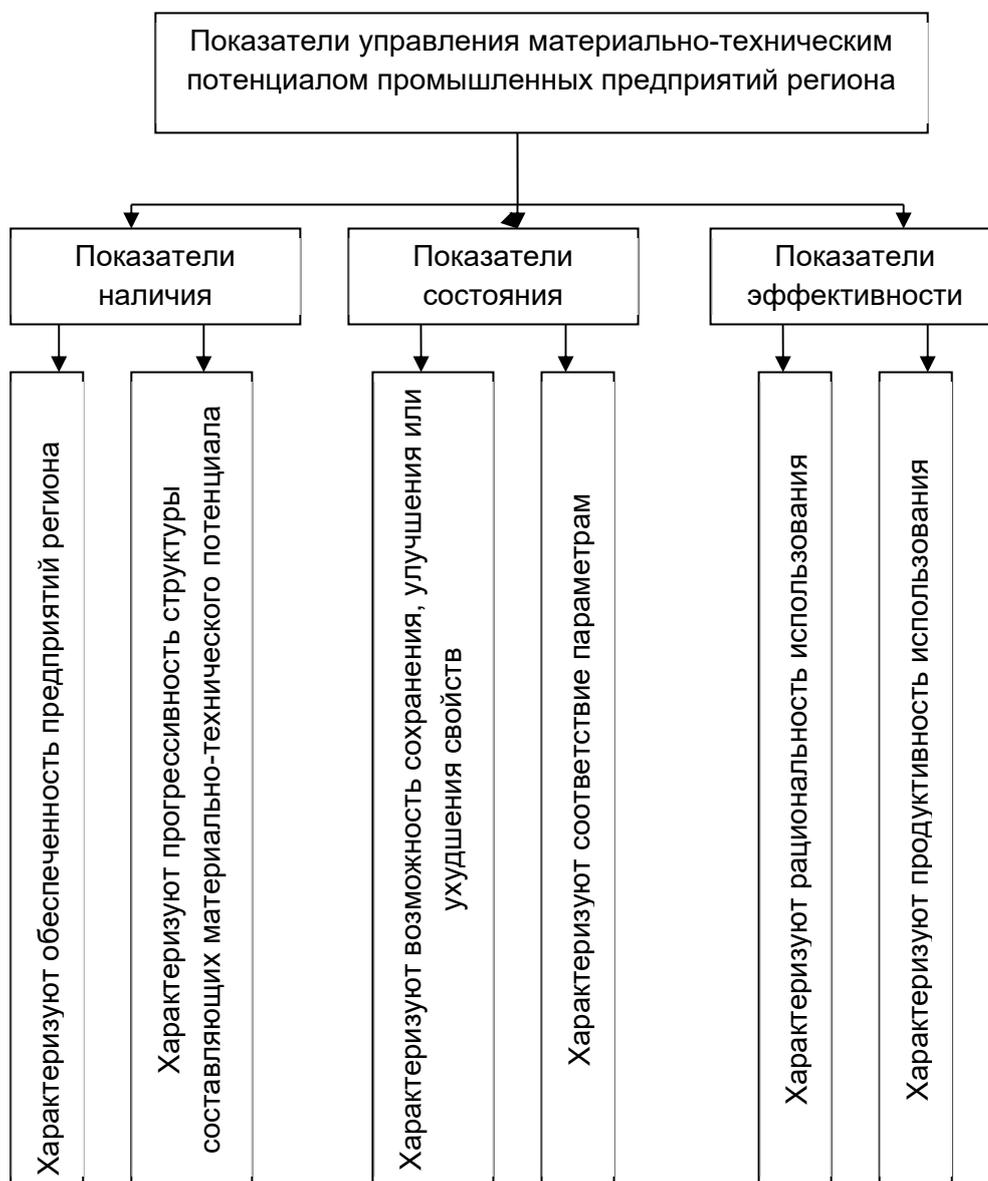


Рис. 2. Показатели управления материально-техническим потенциалом промышленных предприятий региона

Таким образом, для развития материально-технического потенциала промышленных предприятий региона необходимо провести анализ показателей наличия, состояния и эффективности использования каждого структурного элемента и разработать программу мероприятий, направленных на его обновление и укрепление.

УДК 338.24
ОСОБЕННОСТИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Т. В. РОМАНЬКОВА, М. Н. ГРИНЕВИЧ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Под логистической системой понимается совокупность элементов с обратной связью, выполняющих логистические операции и функции.

Логистическая система состоит из подсистем и имеет связи с внешней средой. Каждое предприятие независимо от отраслевой принадлежности можно рассматривать как логистическую систему. Выделяют два вида логистических подсистем: функциональная и обеспечивающая.

Функциональная подсистема промышленных предприятий представлена: закупками; производством; распределением.

Изучение логистических систем (ЛС) промышленных предприятий позволило выделить следующие особенности и определить их вид в зависимости от размера (табл. 1).

Табл. 1. Вид логистических систем промышленных предприятий Республики Беларусь

Наименование подсистемы			Вид ЛС в зависимости от размера
производство	закупки	распределение	
Машиностроение и металлообработка			
более 2,5 тыс. предприятий	$P_{\text{ВНУТРЕННИЕ}} \langle P_{\text{ВНЕШНИЕ}}$	$POT_{\text{ВНУТРЕННИЕ}} \langle POT_{\text{ВНЕШНИЕ}}$	развернутая
Электроэнергетика			
более 100 предприятий	$P_{\text{ВНУТРЕННИЕ}} \rangle P_{\text{ВНЕШНИЕ}}$	$POT_{\text{ВНУТРЕННИЕ}} \rangle POT_{\text{ВНЕШНИЕ}}$	узкая
Химическая и нефтехимическая			
более 300 предприятий	$P_{\text{ВНУТРЕННИЕ}} \langle P_{\text{ВНЕШНИЕ}}$	$POT_{\text{ВНУТРЕННИЕ}} \langle POT_{\text{ВНЕШНИЕ}}$	средняя
Лесная и деревообрабатывающая			
более 2 тыс. предприятий	$P_{\text{ВНУТРЕННИЕ}} \rangle P_{\text{ВНЕШНИЕ}}$	$POT_{\text{ВНУТРЕННИЕ}} \approx POT_{\text{ВНЕШНИЕ}}$	средняя
Пищевая			
более 800 предприятий	$P_{\text{ВНУТРЕННИЕ}} \rangle P_{\text{ВНЕШНИЕ}}$	$POT_{\text{ВНУТРЕННИЕ}} \rangle POT_{\text{ВНЕШНИЕ}}$	средняя
Примечание – $P_{\text{ВНУТРЕННИЕ}}$, $P_{\text{ВНЕШНИЕ}}$ – поставщики ресурсов внутренние и внешние; $POT_{\text{ВНУТРЕННИЕ}}$, $POT_{\text{ВНЕШНИЕ}}$ – потребители внутренние и внешние			

Таким образом, использование предложенного подхода позволит классифицировать масштаб работ по основным функциональным областям логистики на промышленных предприятиях республики и предложить направления оптимизации.

УДК 347.463
 АНАЛИЗ РАЦИОНАЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ
 ПЕРЕВОЗОК СООО «МОГИЛЕВВНЕШТРАНС»

Н. В. РУБАНОВА
 Белорусско-Российский университет
 Могилев, Беларусь

СООО «Могилеввнештранс» оказывает услуги по перевозке грузов автомобильным транспортом по различным направлениям, таким как внутриреспубликанские перевозки, внутри Таможенного союза, экспортные, импортные и транзитные перевозки.

При организации перевозок грузов на предприятии проводится ряд мероприятий.

Во-первых, составляется маршрут перевозок по согласованию с заказчиком транспортных услуг. Во-вторых, выбирается тип и марка подвижного состава в зависимости от вида перевозок, расстояния перевозки и объема перевозки груза. Затем разрабатываются графики движения автотранспортных средств с учетом соблюдения режимов труда и отдыха водителей, регламентируемых действующими нормативными документами; проводится инструктаж водителей. В обязательном порядке организуется контроль за соблюдением графиков движения, вместимости автотранспорта и маршрутов движения.

Оценить рациональность организации автомобильных перевозок можно по показателям работы автомобильного транспорта, приведенным в табл. 1.

Табл. 1. Показатели работы транспорта

Показатель	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Цепные темпы роста, %	
				2017 г.	2018 г.
Перевезено грузов, тыс. т	81,7	82,9	97,6	101,5	117,7
Грузооборот, тыс. км	144459	148494	151833	102,8	102,2
Общий пробег, тыс. км	9070	9309	13463	102,6	144,6
В расчете на 1 автомобиль:					
перевезено грузов, тыс. т	1,32	1,41	1,57	106,6	112,0
грузооборот, тыс. км	2329,98	2516,9	2448,9	108,0	97,3
пробег, тыс. км	146,29	157,8	217,2	107,9	137,6
Среднее расстояние перевозки 1 т груза, км	1768,16	1791,2	1555,7	101,3	86,8

Из табл. 1 видно, что объем перевозок в 2017 и 2018 гг. увеличился соответственно на 1,5 и 17,7 %, грузооборот по годам – на 2,8 и 2,2 %.

Прирост общего пробега автотранспорта составил в 2017 г. 2,6 %, а в 2018 г. – 44,6 %.

В расчете на один автомобиль объем перевозок и пробег также в анализируемом периоде увеличились. Однако в 2018 г. уменьшились грузооборот на 2,7 % и среднее расстояние перевозки 1 т на 13,2 %, что свидетельствует об увеличении холостых пробегов.

Большое влияние на экономические показатели работы предприятия оказывает степень использования имеющегося автопарка. Использование парка подвижного состава можно оценить при помощи коэффициентов технической готовности, выпуска на линию, использования пробега (табл. 2).

Табл. 2. Показатели использования подвижного состава

Показатель	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Цепные темпы роста, %	
				2017 г.	2018 г.
Коэффициент использования пробега	0,87	0,81	0,85	91,91	105,45
Коэффициент технической готовности	0,97	0,98	0,98	101,03	99,39
Коэффициент выпуска на линию	0,96	0,97	0,97	101,04	100,00

Приведенные в табл. 2 показатели использования подвижного состава находятся на относительно высоком уровне, и чтобы не происходило дальнейшее их снижение, необходимо проводить работу по оптимизации маршрутов с целью повышения коэффициента использования пробега.

УДК 338.5
УСТАНОВЛЕНИЕ ЦЕН НА ПРОДУКЦИЮ ТОРГОВОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ С УЧЕТОМ ЭЛАСТИЧНОСТИ СПРОСА ПО ЦЕНЕ

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

ОАО «Бакалея Могилев» занимается оптовой торговлей и розничной реализацией продовольственных товаров. Доля розничного товарооборота в 2016–2019 гг. составляла 38...40 %.

Ценовая политика ОАО «Бакалея Могилев» в сфере розничных продаж направлена на установление цен на уровне или немного ниже, чем у конкурентов. Конечный уровень розничных цен зависит от цены приобретения товара и от размер торговой надбавки. Основные составляющие этого способа ценообразования: потребительский фактор (спрос); ассортиментная политика; уровень конкуренции; сезонность.

По результатам проведенного анализа в ОАО «Бакалея Могилев» предлагается установить новые цены на товары, основываясь на расчете коэффициента эластичности.

По данным расчетов можно сделать вывод, что наиболее чувствительными к изменению цены являются следующие товарные группы: безалкогольные напитки, шоколад и шоколадные конфеты, мясные консервы, колбасы и колбасные изделия. Следовательно, при увеличении цены спрос на данные товарные группы существенно снижается.

Значительно менее чувствительные к изменению цены товарные группы: макаронные изделия, кондитерские изделия (печенье, вафли, пряники, кексы), соль, сахар, молочные продукты, алкогольные напитки и табачные изделия. То есть при изменении цены спрос на данные товарные группы изменится незначительно.

ОАО «Бакалея Могилев» предлагается изменить порядок ценообразования и в планируемом периоде установить торговую надбавку исходя из результатов расчета коэффициента эластичности спроса по цене.

Предлагаемые изменения торговой надбавки по товарным группам в планируемом периоде на ОАО «Бакалея Могилев» представлены в табл. 1.

Использование значений коэффициента эластичности при установлении торговой надбавки приведет к повышению торговой надбавки на семь ассортиментных групп, реализуемых ОАО «Бакалея Могилев». В то же время торговая надбавка будет снижена на четыре ассортиментные группы товаров.

Табл. 1. Изменения торговой надбавки по товарным группам

Показатель	Уровень торговой надбавки, (2018 г.), %	Коэффициент эластичности спроса по цене	Планируемая торговая надбавка, %	Изменение торговой надбавки, п. п.
Сахар	18	0,3161	24	+6
Соль	20	0,4050	26	+6
Кондитерские изделия	20	0,4181	26	+6
Макаронные изделия	18	0,4378	24	+6
Табачные изделия (за одну пачку)	20	0,1569	26	+6
Колбасы и колбасные изделия	24	0,6052	22	-2
Молочная продукция	18	0,3936	24	+6
Алкогольные изделия	22	0,1747	28	+6
Безалкогольные изделия	24	2,2196	22	-2
Мясные консервы	25	1,4900	23	-2
Шоколад и шоколадные конфеты	24	1,6985	22	-2

Изменение порядка ценообразования повлечет за собой рост суммы торговых надбавок на 126029 р., что в относительном выражении составит 106,4 % к сумме торговых надбавок до внедрения рассматриваемого мероприятия.

В результате предложенных мероприятий планируемое увеличение товарооборота предприятия составит 164779 р. или 101,3 %.

УДК 338.43
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ОТРАСЛИ ЖИВОТНОВОДСТВА

О. В. СЕДЛУХО, И. Я. КУРСОВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В результате анализа показателей эффективности хозяйственной деятельности предприятия отрасли животноводства было выяснено, что в течение последних лет с каждым годом падает среднесуточный привес крупнорогатого скота на предприятии, и при этом значительно увеличивается себестоимость данной продукции (в среднем на 9 % в год), что в последствие приносит предприятию большие убытки. Убытки предприятия в соотношении 2018 г. к 2016 г. составляют 21,8 %, а 2017 г. к 2016 г. – 30,1 %. Сложившаяся ситуация является критической точкой в производстве продукции.

В целях сокращения убытков по данной статье оценим целесообразность замещения пород выращиваемого молодняка крупнорогатого скота на откорме более продуктивными.

На эффективность откорма влияет породный тип скота. В СПФ «Дричин» ОАО «Минский молочный завод № 1» выращивают молодняк породы черно-пестрых. В Республике Беларусь 89 % крупного рогатого скота, выращиваемого и откармливаемого во всех категориях хозяйств, составляет скот черно-пестрой породы. Данная порода была завезена еще на территорию Советского союза и является одной из самых старых и ориентирована на производство молока, а не мяса. Существенное значение для увеличения производства продукции выращивания и откорма в скотоводстве имеет использование животных вновь создаваемых линий и типов. На данный момент одной из популярных мясных пород является герефордская порода мясного крупнорогатого скота.

Герефордская порода является одной из самых распространенных мясных пород на планете. Животные данной породы крайне выносливы и полностью приспособлены к нашему климату, неприхотливы в содержании, дают высококачественное мраморное мясо и способны давать среднесуточные привесы от 900 до 1500 г.

Проведем сравнительную характеристику продуктивности выращиваемой в СПФ «Дричин» ОАО «Минский молочный завод № 1» и герефордской пород животных. Сравнительная характеристика пород животных приведена в табл. 1.

Табл. 1. Сравнительная характеристика пород животных

Показатель	Черно-пестрая порода	Геррефордская порода
Средний вес при рождении, кг	25	30
Вес взрослого животного, кг	800	900
Среднесуточный привес, г/день	574	1200
Животное достигнет массы в 500 кг	828	392

Таким образом, на основе полученных нами результатов можно сделать вывод о целесообразности замещения выращиваемых пород молодняка крупнорогатого скота. В результате замены выход продукции животноводства увеличится в 2,11 раза за период, и снизится себестоимость продукции данной отрасли предприятия за счет сокращения времени содержания животных.

Расчет возможной прибыли от реализации 1 т при замещении пород, выращиваемых на предприятии, за счет снижения себестоимости представлен в табл. 2.

Табл. 2. Расчет экономического эффекта

Показатель	Черно-пестрая порода	Геррефордская порода
Себестоимость 1 т реализованной продукции, тыс. р.	0,565	0,267
Выручка от реализации 1 т, тыс. р.	2507,042	2507,042
Прибыль от реализации, тыс. р.	-318,331	1169,798
Экономический эффект	1488,129	

Расчет возможного экономического эффекта от замещения выращиваемых на предприятии пород скота показал, что замещение пород может принести предприятию прибыль в размере 1169,798 тыс. р. с 1 т реализованной живой массы. Увеличение прибыли предприятия на 467 % происходит за счет снижения себестоимости реализованной продукции путем сокращения периода содержания животного до момента его реализации.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что для СПФ «Дричин» ОАО «Минский молочный завод № 1» замещение пород животных является необходимым этапом развития с целью повышения эффективности хозяйственной деятельности.

УДК 336.7
К ВОПРОСУ РАСЧЕТА ДОСТАТОЧНОСТИ КАПИТАЛА БАНКА

Н. А. СЕРГЕЙЧИК
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Достаточность капитала отражает общую оценку надежности и устойчивости банка, степень его подверженности риску. Проблема определения достаточности капитала банка на протяжении длительного времени является предметом научного исследования и споров между банками и регулирующими органами. Банки предпочитают обходиться минимумом капитала, чтобы повысить показатели прибыльности и роста активов, центральные банки требуют увеличения капитала для снижения риска банкротства. Формула расчета достаточности капитала банка, применяемая в Республике Беларусь, имеет ряд неточностей, устранение которых позволит более реально оценивать достаточность капитала банка, что является одним из условий его устойчивости.

На наш взгляд, исходя из сущности и методики расчета достаточности капитала введение дополнительного числа A в действующую формулу является необоснованным, т. к. банковские риски научно рассчитаны по существующей инструкции. Это ведет к искусственному увеличению рисков и снижению расчетной достаточности капитала. Тем более, в инструкции предусмотрен дополнительный консервационный буфер для покрытия убытков в стрессовых условиях.

Также из действующей формулы предлагается исключить операционный риск, т. к. он раскрывает риски, связанные с недостаточной компетентностью персонала банка и отсутствием должного контроля, который может привести к убыткам. Поэтому операционный риск должен покрываться за счет прибыли банка.

Исходя из вышеизложенного, предлагается достаточность капитала банка рассчитывать по формуле

$$ДК = \frac{НК(ОКІ, КІ)}{КР + РР} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где НК (ОКІ, КІ) – размер нормативного капитала (основного капитала I уровня, капитала I уровня); КР – величина кредитного риска, определяемая как сумма взвешенных по уровню кредитного риска активов, подверженных кредитному риску, и внебалансовых обязательств; РР – величина рыночного риска.

УДК 336.02
АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВАРИАНТЫ НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ СУБЪЕКТОВ
МАЛОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА

Т. В. СИДОРОВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Согласно Закону Республики Беларусь «О поддержке малого и среднего предпринимательства» № 148-З от 01.07.2010 г. (с изм. и доп.) к субъектам малого предпринимательства относятся: индивидуальные предприниматели, зарегистрированные в Республике Беларусь; микроорганизации – зарегистрированные в Республике Беларусь коммерческие организации со средней численностью работников за календарный год до 15 человек включительно; малые организации – зарегистрированные в Республике Беларусь коммерческие организации со средней численностью работников за календарный год от 16 до 100 человек включительно.

По данным 2018 года в составе субъектов малого предпринимательства по республике индивидуальные предприниматели составили 68,5 %, а по Могилевской области – 72,8 %. Сумма поступивших платежей в бюджет от предпринимателей в 2018 году составила 533,5 млн р. За последние два года государством предоставлено индивидуальным предпринимателям достаточно возможностей по эффективной организации системы исчисления и уплаты налогов. В зависимости от вида деятельности, возможности самостоятельного ведения учета предприниматель может выбрать одну из трех систем налогообложения: общую с уплатой подоходного налога, упрощенную или стать плательщиком единого налога. Самой популярной у предпринимателей является упрощенная система, ее используют около 60 % налогоплательщиков. На втором месте – единый налог – около 34 %. Эти варианты, как правило, более понятны и просты для предпринимателей, также менее трудозатратны в плане ведения учета. Основной их недостаток: часто налоговая нагрузка является существенной по сравнению с доходами предпринимателя. Только около шести процентов предпринимателей являются плательщиками подоходного налога. Данная система налогообложения требует более серьезных знаний в области ведения учета доходов и расходов, но большим ее достоинством является зависимость налоговой нагрузки от конечного финансового результата деятельности предпринимателя. Также она дает больше возможностей по оптимизации налоговой нагрузки. Законодательно предпринимателю – плательщику подоходного налога предоставлено право выбора метода учета доходов от реализации – по принципу оплаты или по принципу начисления. Эффективность выбора зависит от конкретных условий расчетов с контрагентами. В основном предприниматели учитывают доходы и расходы «по оплате», что дает возможность отсрочить момент наступления налогового

обязательства. Хотя «подводным камнем» может стать ситуация, когда не всегда возможно принять в расчет определенные составляющие расходов из-за отсутствия их фактической оплаты, что, соответственно, приводит к переплате по подоходному налогу. Но эту ситуацию возможно исправить в следующем отчетном периоде. Применять общую систему с уплатой подоходного налога в основном выгодно предпринимателям, занимающимся оптовой или розничной торговлей, а также производственной деятельностью. На сегодняшний день предприниматель обязательно должен взвешивать все возможные варианты учета и уплаты налогов, уделять особое внимание вопросам налогового планирования, и государство предоставляет для этого возможности.

В табл. 1 представлены сравнительные расчеты налоговой нагрузки по разным системам налогообложения предпринимателя, занимающегося розничной торговлей непродовольственными товарами в торговом объекте в г. Могилеве при одинаковых входных данных.

Табл. 1. Сравнение налоговой нагрузки по разным системам налогообложения индивидуального предпринимателя

Показатель	Подоходный налог	Упрощенная система	Единый налог
Доходы от реализации (валовая выручка) за квартал, р.	53 895,45	53 895,45	53 895,45
Расходы, связанные с предпринимательской деятельностью, за квартал, р.	51 406,30	51 406,30	51 406,30
Налоговая база, р.	2 489,15	53 895,45	–
Ставка налога	16 %	5 %	100,00 р.
Сумма налога за квартал, р.	398,26	2 694,77	$100,00 \cdot 3 + (53 895,45 - 12 000) \cdot 0,05 = 2 394,77$
Налоговая нагрузка, %	0,74	5,00	4,44

Из табл. 1 видно, что, исходя из размера налоговой нагрузки, выгоднее уплачивать подоходный налог. Для упрощения учета по данной системе налогообложения предприниматель вправе самостоятельно разработать формы отдельных учетных документов, предусмотрев в них показатели, необходимые для исчисления налоговой базы. То есть рекомендуется предпринимателям отдавать предпочтение подоходному налогу, что выгоднее по трудо- и финансовым затратам.

УДК 336.02
ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФОРМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
НАНИМАТЕЛЯ С РАБОТНИКАМИ НА НАЛОГОВУЮ НАГРУЗКУ

Т. В. СИДОРОВА, И. А. ВЕРЕМЕЕВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В составе затрат на производство и реализацию продукции, работ, услуг значительную долю занимают расходы на оплату труда работников и отчисления на обязательное страхование в Фонд соцзащиты и Белгосстрах. Соответственно, многие организации, особенно частные, стараются уменьшить данные статьи затрат и часто незаконными способами (без официального трудоустройства работников либо принимают их на часть ставки).

Действенным и законным способом уменьшить данные расходы в части «зарплатных» отчислений является вариант регистрации потенциального работника в качестве индивидуального предпринимателя и заключение с ним договора на оказание услуг или выполнение работ. При этом индивидуальный предприниматель выбирает для себя упрощенную систему налогообложения (УСН), т. к. он будет оказывать услуги (выполнять работы) юридическим лицам. Для организации выгода заключается в отсутствии отчислений на обязательное страхование в Фонд соцзащиты и Белгосстрах, также в некоторой степени уменьшаются трудозатраты, связанные с ведением учета кадров и заработной платы. Для самих работников такая система: дает возможность официально получать достойную оплату своих услуг, работ; налоговая нагрузка также существенно сокращается – вместо подоходного налога (13 %) уплачивается налог при УСН (5 %); отчисления в ФСЗН составляют 35 % от минимальной зарплаты, хотя при желании можно увеличить сумму отчислений; работник может оказывать свои услуги многим организациям, т. е. стимулируется заинтересованность в увеличении доходности своей деятельности. Ведение учета и расчет налога при УСН не составит особых сложностей. Лучше всего такая схема взаимодействия с работниками подойдет для таких категорий, как управляющий, бухгалтер, юрист, сотрудники, деятельность которых не привязана в течение дня к одному рабочему месту (водитель, дизайнер, архитектор, программист, инструктор по фитнесу и т. д.). Основное внимание при заключении подобных договоров с сотрудниками необходимо уделить тщательности и грамотности их оформления, а именно исключить любые признаки трудовых отношений. Это касается и предмета договора, и стоимости, и порядка расчетов, материального снабжения, ответственности. Иначе это может привлечь внимание проверяющих.

УДК 661.577
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ
В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

К. А. ТОКМЕНИНОВ, А. В СЕМИКИНА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Республика Беларусь не имеет собственных запасов природного газа, который является основным топливом для ТЭЦ. Более 90 % электрической и тепловой энергии вырабатывается на них. Энергетическая безопасность в Республике Беларусь предполагает снижение зависимости от углеводородов. Развитие возобновляемых источников энергии соответствует этой концепции.

В качестве возобновляемых источников энергии целесообразно рассмотреть гидроэнергетику, ветроэнергетику, гелиоэнергетику, биоэнергетику и использование низкоэнергетических тепловых ресурсов.

Развитие гидроэнергетики требует тщательного экономического обоснования каждого проекта. Дело в том, что все реки Беларуси являются равнинными и имеют низкую скорость течения. Она составляет в среднем 0,6...0,7 м/с. Для обеспечения оптимального КПД станции требуется скорость течения 3 м/с и более, поэтому плотина ГЭС должна иметь большую высоту и протяженность. Это требует значительных капитальных затрат. Кроме того следует учесть, что будут затоплены достаточно большие площади сельскохозяйственных угодий. В настоящее время за счет экспорта сельскохозяйственной продукции Республика Беларусь получает 4,5 млрд долл. в год. Сейчас использование гидроэнергетических ресурсов составляет около 3 % от технически доступного потенциала водотоков. Вместе с тем следует отметить, что построена первая ГЭС средней мощности 17 МВт (Гродненская).

В ряде стран успешно развивается ветроэнергетика, однако парки ветроэнергетических установок целесообразно строить в местах постоянных сильных ветров до 18 м/с. Это, как правило, гористая местность или морское побережье. В Республике Беларусь из-за равнинного характера местности средние скорости ветров составляют 3,5...4 м/с. Современная ветроустановка начинает эффективно работать при скорости ветра 5 м/с. В Беларуси имеются местности с подходящими условиями, но в ограниченном количестве.

Мощность современной ветроэнергетической установки может достигать 4 МВт, однако для работы подобной установки скорость ветра должна быть не менее 10 м/с.

В качестве примера можно рассмотреть построенный в Новогрудке (НПО «Гродноэнерго») ветропарк. Мощность используемых ветротурбин составляет 1,5 МВт каждой. Капитальные затраты на строительство

ветропарка составили 13 млн долл. США. Ресурс ветроустановок 25 лет. Срок окупаемости составляет 11 лет. В силу природных условий мощность используемых ветроустановок реализуется на 28...29 %.

В Республике Беларусь природных условий для эффективной работы ветроэнергетических установок немного, поэтому их вклад в энергетику страны незначительный.

Солнечная энергия. В Республике Беларусь 335 дней в году пасмурных и с переменной облачностью и только 30 дней ясных. С учетом этого, ночей и КПД солнечных батарей среднегодовое поступление солнечной энергии составляет всего 0,3 кВт·ч на 1 м². Учитывая высокую стоимость самих солнечных батарей и их обслуживания на настоящем этапе применение их в Республике Беларусь не рентабельно.

Реальный практический интерес представляют тепловые насосы и биостанции в сельской местности.

В Республике Беларусь успешно развивается сельское хозяйство – животноводство и растениеводство. Создан целый ряд крупных современных комплексов. Отходы животноводства (навоз) и растениеводства (солома, обрезки растений) являются сырьем для производства биогаза метана, продукта брожения в биогазовой установке, который, в свою очередь, используется для генерации на местах тепловой и электрической энергии. Переработанные в биогазовой установке отходы сельскохозяйственного производства являются высококачественным удобрением. Таким образом, получаем практически безотходное экологически чистое производство.

Технико-экономические расчеты показывают, что капитальные затраты на строительство биогазовой установки мощностью в 25 кВт составляют около 200 тыс. долл. США. Стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, производимой такой установкой с загрузкой 70 % сырья, составляет 0,19 р. Государственный тариф на электроэнергию для предприятий составляет 0,36 р. В случае выработки электроэнергии собственной дизельной установкой стоимость энергии вырабатываемой на биогазовой установке в 5 раз ниже. Исходя из изложенного, ясно, что для Республики Беларусь направление использования биогазовых установок весьма перспективно.

Эффективным направлением развития малой энергетики в Республике Беларусь является внедрение тепловых насосов, которые используют низкоэнергетические ресурсы, например, тепло грунта на глубине 5 м и более для производства тепловой энергии. Тепловой насос, потребляя один киловатт электрической энергии, выдает от 3 до 5 кВт тепловой.

Таким образом, проведенный анализ эффективности использования возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь показал, что реальный вклад в энергетику страны может быть получен при развитии двух направлений: широкое внедрение биогазовых станций и тепловых насосов для производственных, бытовых и жилых помещений.

УДК 621.9

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАССАЖИРОВ РЕГИОНАЛЬНОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Н. К. ЧАН, С. А. АЛЕКСАНДРОВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Наиболее актуальным вопросом в сфере пассажирских перевозок является оценка качества предоставляемых услуг. Существует множество критериев, позволяющих их проанализировать, однако невозможно полно оценить качество перевозочных услуг без участия самих пассажиров. Одним из наиболее популярных и эффективных методов является опрос. Он может проходить в различных формах, которые в той или иной мере больше подходят для определенной ситуации.

Целью исследования является изучение процесса оценки качества перевозочных услуг в сфере пассажирского транспорта. В качестве предмета исследования выступали транспортные услуги регионального автотранспортного предприятия – ОАО «Витебскоблавтотранс» Автобусный парк № 3 г. Орша. В рамках исследования был проведен опрос пассажиров, сводные результаты которого представлены в табл. 1.

Табл. 1. Результаты опроса пассажиров

№	Критерий	Характеристика	Возрастная группа, лет				Средний
			20–30	30–40	40–50	50–60	
1	Приобретение билета	Доступность тарифа	3	2	2	3	2,5
2		Наличие длительных билетов	4	4	4	4	4,0
3	Ожидание поездки	Сидячие места, личное пространство на остановочном пункте	5	5	5	5	5,0
4		Длина подхода к остановочному пункту	4	4	3	3	3,5
5	Удобство в использовании	Удобное время работы	4	5	4	4	4,3
6		Следование расписанию	2	2	1	2	1,8
7		Отсутствие потребности в пересадке	5	4	5	3	4,3

Окончание табл. 1

№	Критерий	Характеристика	Возрастная группа, лет				Средний
			20–30	30–40	40–50	50–60	
8	Подвижной состав	Фактор перегруженности	1	1	1	2	1,3
9		Сидячие места, личное пространство в салоне	4	4	4	4	4,0
10		Подходящая ширина проходов	3	3	2	4	3,0
11	Поездка	Безопасность	5	4	4	5	4,5
12		Чистота	3	3	3	4	3,3
13		Температурный режим	1	2	2	2	1,8
14	Прочее	Информация о времени в пути	5	4	4	5	4,5
15		Объявления об остановках	5	5	5	5	5,0
Средний по группам			3,6	3,5	3,3	3,7	3,5

Критерии качества услуг были составлены с учетом сферы деятельности пассажирского транспорта и выявленных компонентов понятия «качество» перевозок».

В качестве анкетизируемых выступали пассажиры в возрасте от 20 до 60 лет, не имеющие льгот. Каждая возрастная группа опрошенных состояла из 15 человек. Всего в анкетировании участвовало 60, 55 % женщин и 45 % мужчин. Все опрошенные являлись жителями г. Орши. Опрос проводился устно с соблюдением полной анонимности. Пассажиры получали полную информацию о целях исследования. Им предлагалось присвоить каждому направлению решения главной управленческой проблемы балл от 1 до 5, где 1 – наименьшая степень удовлетворенности критерием, 5 – наивысшая.

Результаты опроса показывают, что наибольшая степень удовлетворенности пассажиров достигается такими критериями, как количество сидячих мест (личное пространство) на остановочном пункте, объявления об остановках, безопасность транспортных средств и информация о времени в пути. В то время как фактор перегруженности, следование транспортными средствами расписанию и температурный режим в машинах – критерии с наименьшей степенью удовлетворенности для пассажиров. Именно этим критериям следует отдавать предпочтение при определении направлений повышения качества пассажирских

перевозок. Улучшение любого из них, по мнению анкетированных, приведет к более частому пользованию общественного транспорта пассажирами и, как следствие, к увеличению объема пассажирских перевозок.

Более детальный анализ критериев с наименьшей степенью удовлетворенности показывает, что только пассажиры в возрасте 50-60 лет не выделяют из приведенных критериев те, на которые нужно обратить внимание в срочном порядке. Опрошенные остальных возрастных групп сходятся во мнении, что наиболее оптимальным решением по вопросу улучшения качества пассажирских перевозок будет увеличение единиц подвижного состава, одновременно находящегося на маршрутах, в результате чегоотрегулируется количество пассажиров, перевозимых одним транспортным средством. Альтернативным вариантом будет использование автобусов большей вместимости.

Таким образом, опрос показал, что для повышения качества услуг регионального предприятия требуется проанализировать, какие из маршрутов являются наиболее востребованными, где существует нехватка подвижного состава; после чего необходимо выпустить на линию дополнительное количество автобусов. При выборе новых единиц подвижного состава необходимо учитывать соответствие их необходимым параметрам комфорта – удобство и количество посадочных мест, ширина проходов, микроклимат в салоне. Важным также является оптимизация маршрутной сети для оптимизации загрузки автобусов на разных маршрутах.

УДК 744.4:004.92

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА
СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

В. М. АКУЛИЧ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Современное техническое образование направлено не только на приобретение знаний, умений и навыков по изучаемой дисциплине, но и на развитие дивергентного инженерного мышления и в дальнейшем формирования профессиональных компетенций. Поэтому современная высшая школа предъявляет новые требования к организации процесса обучения.

Проводится целенаправленная организационно-методическая работа на всех этапах обучения с целью получения учебно-познавательных компетенций. Проанализирована содержательная основа принципов организации учебной работы. Непрерывность и регулярность проведения аудиторных занятий запланированы на установочных сессиях, зимних и летних экзаменационных сессиях. Использование разнообразных форм учебной деятельности реализуется в организации и проведении лекционных и практических занятий, проведении аудиторных контрольных работ, тестировании, внесессионных консультациях, самостоятельной работе студентов. Активно используются информационные компьютерные технологии при разработке мультимедийных курсов лекций, тематических слайдов для практических занятий, технических средств обучения, учебно- методических разработок.

В соответствии с учебными программами по дисциплине «Инженерная графика» для студентов технических специальностей накоплен теоретический и практический материал по различным темам.

Заочная форма обучения включает большой объем самостоятельной работы студентов над учебным материалом, результативность которой во многом определяется наличием активных методов ее контроля: фронтальные опросы, педагогические тесты, графические карты тематического контроля, аудиторные контрольные работы, графические экзаменационные задания.

УДК 378:338.24

КОРПОРАТИВНАЯ КУЛЬТУРА УНИВЕРСИТЕТА
НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Г. Я. АЛЕКСЮТИНА, С. О. КАМИНСКАЯ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Конкуренция в сфере образования требует трансформации университета, перехода к новой модели. В Беларуси к реализации новой концепции «Университет 3.0» приступили семь университетов, в том числе и Белорусско-Российский университет. Для успешной интеграции образовательной, научно-исследовательской и предпринимательской деятельности университету нужны преобразования на всех уровнях.

Изменение модели университета, какой бы она ни была (исследовательского, инновационного, предпринимательского и др. типа), вносит преобразования и в культуру организации. В рыночных условиях многие социальные и профессиональные объединения строят свою деятельность на основе корпоративных отношений. Корпоративная культура, являясь основным компонентом в выполнении миссии любой организации, повышает эффективность ее деятельности. Она представляет собой базовый элемент ее имиджа, влияет на конкурентоспособность. Недооценка значимости корпоративной культуры, игнорирование необходимости ее преобразования рано или поздно приведет к снижению престижа и продуктивности деятельности организации. Слабая корпоративная культура может привести к кризису организационной структуры при отсутствии систематической и целенаправленной работы по ее развитию и адаптации к изменяющимся условиям.

Корпоративная культура университета может стать эффективным инструментом достижения новых стратегических целей. Изменение культуры организации – процесс довольно сложный, требующий реализации некоторых шагов.

Целесообразно в первую очередь проведение детального теоретического и практического изучения текущего состояния корпоративной культуры вуза, диагностики критериев ее эффективности. Причем следует отметить, что данный процесс не потребует дополнительных вложений, поскольку компетентные специалисты по вопросам психолого-педагогической и социологической диагностики уже есть в штате университета. Диагностика корпоративной культуры позволит выделить ее специфику, наметить план преобразований на всех ее уровнях (внешнем, ценностном и базовом), спрогнозировать результаты. Поэтапное внесение изменений позволит привести уровень культуры университета в соответствие с его новыми целями и задачами.

Следующим важным шагом станет создание нормативной базы по корпоративной культуре вуза. В ней будут подробно изложены ценности, цели и стратегии, правила корпоративной этики, культуры деловых и межличностных отношений. Необходимо сохранять, закреплять и пропагандировать те нормы и ценности, которые реально показали свою эффективность в решении стоящих перед вузом задач, зафиксировать их в виде образцов, моделей поведения всего университетского сообщества (культурный запас вуза).

Развитие и поддержка феномена лидерства на всех уровнях управления, наличие «команды» и благоприятный социально психологический климат в коллективах – признак здоровой корпоративной культуры организации. Идею корпоративности как высшей степени интеграции может и должен пропагандировать каждый сотрудник (например, в Белорусско-Российском университете основано сообщество выпускников «Планета»). В некоторых вузах эта функция также выполняется профессионалами – менеджерами по корпоративной культуре.

Любые изменения в корпоративной культурной парадигме будут осуществимы только в том случае, если у всех сотрудников будут четкие представления о новой модели вуза и реальные полномочия для ее реализации. Для этого необходимы демократичные коммуникативные сети, поддержка инициативности и готовности к инновационной деятельности. Студенты – научный и культурный потенциал университета. Важно формировать у них творческие амбиции, бизнес-компетенции, профессиональные и личностные качества, необходимые для реализации предпринимательского потенциала, вовлекать их в коммерческую научно-исследовательскую работу.

Необходимо расширить арсенал средств по развитию корпоративной культуры. В вузах этот процесс может ограничиваться подбором сотрудников необходимой квалификации, проведением корпоративных праздников и мероприятий, которые порой носят чисто формальный характер.

Эффективным средством формирования культуры ППС и сотрудников является содержание внутривузовского повышения квалификации. В Белорусско-Российском университете на базе Института повышения квалификации и переподготовки кадров разработаны и реализовываются программы курсов повышения квалификации «Организационная и корпоративная культура современного вуза: формирование, поддержание и развитие» для всего университетского сообщества.

Реализация этих и других шагов будет способствовать воплощению основной цели корпоративной культуры – выстраиванию устойчивой системы координат между общественной и университетской средой.

УДК 796.8
**ОКРУЖНОСТЬ ЗАПЯСТЬЯ КАК ФАКТОР ДЛЯ ОТБОРА
 ЗАНИМАЮЩИХСЯ АРМРЕСТЛИНГОМ И СРЕДСТВО ОЦЕНКИ
 РАЗВИТИЯ МЫШЦ ПРЕДПЛЕЧЬЯ**

М. Л. БУДАЕВ, М. Ф. ГРИГОРЬЕВ
 Белорусско-Российский университет
 Могилев, Беларусь

Актуальной проблемой в армрестлинге является вопрос определения склонности к занятиям армрестлингом. Наиболее важным показателем является степень развития мышц предплечья.

При проведении антропометрического исследования окружности запястья у студентов, занимающихся армрестлингом, была выявлена закономерность, связанная со спортивной квалификацией исследуемых, позволяющая определить степень развитости мышц предплечья по показателям разницы окружности запястья с закрытой ладонью в кулак и с открытой ладонью и разведенными пальцами в стороны. У спортсменов с более высокой квалификацией данный параметр имеет более высокое значение: $>0,5$ см достигает значения у ряда спортсменов в 1 см. Спортсмены с более низкой спортивной квалификацией, принимавшие участие в исследовании, имеют различия в данных измерениях в значениях $<0,5$ см.

Выявлены различия в силовых показателях сгибания кисти со штангой стоя, кистевой динамометрии у спортсменов с большей разницей в окружности запястья между ладонью, сжатой в кулак, относительно занимающихся с такой же окружностью запястья в положении с раскрытой ладонью (рис. 1).

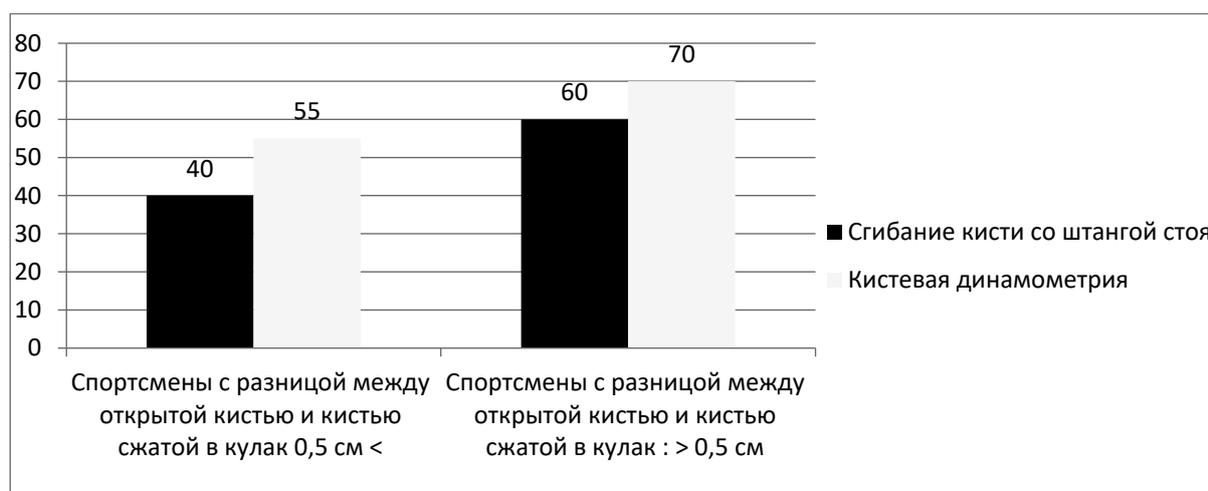


Рис. 1. Различия в силовых показателях спортсменов, занимающихся армрестлингом, относительно разницы в окружности запястья между открытой ладонью и ладонью, сжатой в кулак по контрольным упражнениям

УДК 796.8

ПРОБЛЕМА СУДЕЙСКОГО ЗАХВАТА В АРМРЕСТЛИНГЕ

М. Л. БУДАЕВ, М. Ф. ГРИГОРЬЕВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Актуальной проблемой в армрестлинге является вопрос установления судейского захвата. В настоящее время судейский захват закрывают поочередно, при этом старт дается сразу после закрытия кисти второго спортсмена. Таким образом, второй спортсмен стартует под закрытие пальцев (фактически с движения). Что ставит соперников в неравные условия. Для определения степени влияния очередности закрытия судейского захвата, было проведено исследование. В данном исследовании приняли участие шесть пар спортсменов со схожими силовыми показателями и спортивной квалификацией занимающихся армрестлингом. Между ними состоялось по шесть поединков с судейским захватом. При этом очередность закрытия захвата менялась.

Исследование показывает, что очередность установки судейского захвата со стартом сразу после закрытия оказывает влияние на исход поединка (рис. 1). В связи с этим требуется рассмотрение более справедливой модели установки судейского захвата. Наиболее приемлемым является вариант с обоюдным закрытием, после чего будет осуществляться установка захвата судьями с учетом пожеланий спортсменов в рамках действующих правил при этом старт должен быть с паузой после обоюдной установки спортсменов в стартовое положение.

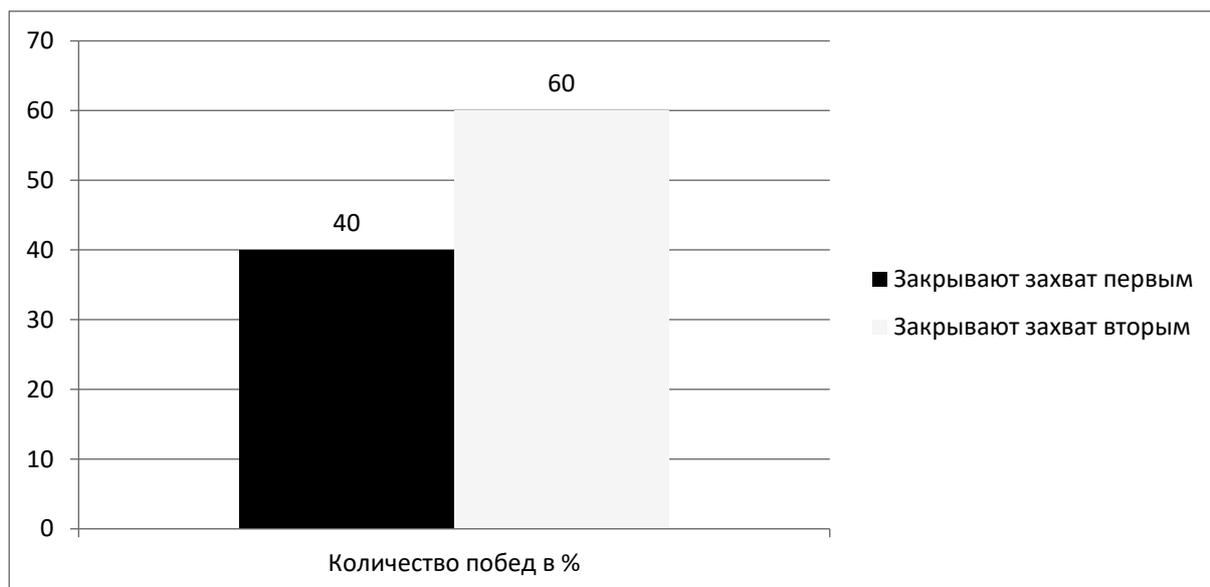


Рис. 1. Количество побед в поединках спортсменов при установке в судейском захвате (старт дается сразу после закрытия захвата второго спортсмена)

УДК 378.4

СТАНОВЛЕНИЕ СОВЕТСКОЙ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ:
ОПЫТ ПРОБ И ОШИБОК

Н. В. ВОЛОГИНА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Приход к власти большевиков в октябре 1917 г. открыл новый этап в развитии высшей школы на территории бывшей Российской империи. Этот этап характеризовался глубокими революционными изменениями, отрицанием предыдущего опыта функционирования высшей школы, радикальными методами принятия решений и абсолютным отсутствием дискуссии о путях и целях высших образовательных учреждений. Как и любая другая сфера жизни, образование должно было соответствовать идеологическим установкам лидерам большевистского режима: изменялись акценты в преподаваемых дисциплинах, особенно обществоведческих, классовый состав и «политическое лицо» профессуры, формы организации учебного процесса и др.

Кардинальные преобразования вузовской сферы начались 2 августа 1918 г., когда был принят декрет, открывавший дорогу в вузы для всех желающих, в том числе не имеющих никакого документа о полученном среднем образовании. Реформаторы от революции считали, что таким образом они открывают двери «храмов науки» для рабочих и крестьян и их детей, для тех, кого «тысячами душили при царизме». Также декрет констатировал и тот факт, что Советская власть уже запоздала с началом «завоевания высшей школы».

Выход данного декрета в контексте проходивших кардинальных революционных перемен в стране было вполне логичным и ожидаемым. В стратегии установления контроля над страной большевики считали высшую школу одной из важнейших «командных высот», частью наследия старого общества, в отношении которой следовало установить жесткий партийно-государственный контроль. При этом самым большим недостатком высших учебных заведений в понимании новых правителей страны было преобладание среди студентов и ППС представителей бывших привилегированных сословий.

Основания для выработки государственной политики были очерчены первым народным комиссаром просвещения А. В. Луначарским: «Совершенно ясно, что с точки зрения революции, которой нужны совершенно преданные специалисты, их легче всего почерпнуть из рабочей среды, и мы должны позаботиться о пролетаризации высшей школы. А из этого надо сделать выводы: под пролетаризацией средней и высшей

школы надо понимать повышение процентного соотношения пролетариата и снижение всех прочих» [1, с. 184–185].

Одной из самых массовых и эффективных форм пролетаризации стало образование в 1919 г. специальных факультетов для рабочей молодежи – рабфаков, выпускники которых после освоения общеобразовательной программы в сокращенной форме могли стать студентами вузов. Рабфаки сравнивали с «пожарной лестницей», приставленной к стене высшей школы для продвижения в ее аудитории рабоче-крестьянской молодежи, с «мостом через пропасть», существующую между рабочими и университетами. В 1921 г. социальный состав рабфаков состоял из представителей крестьянского сословия – до 25 %, выходцы из рабочей среды составляли 46 % от общего числа обучавшихся.

Следующим шагом в «красногвардейской атаке» на высшую школу стал другой декрет СНК РСФСР от 1 октября 1918 г. «О некоторых изменениях в составе и устройстве государственных ученых и высших учебных заведений Российской Республики». В этом декрете все преподаватели получили звание профессора, были отменены ученые степени доктора, магистра, а также звание адъюнкта и все связанные с этими степенями и званиями права и преимущества. Другие лица преподавательского состава, лаборанты и ассистенты получили звание преподавателей.

27 ноября 1918 г. коллегия Народного комиссариата просвещения приняла еще одно радикальное постановление, которым отменялись экзаменационные сессии, а также ликвидировались экзаменационные комиссии. Студенты получили право сдавать экзамены по прослушанным ими курсам в любое время лишь по взаимному согласию с профессором, независимо от года поступления и времени пребывания в вузе.

Таким образом, осенью 1918 г. была сделана первая попытка перестройки высшей школы на новых началах. Большевистская перестройка высшего образования осуществлялась административно-волюнтаристскими методами группой неистовых революционеров-романтиков в соответствии с их субъективными, умозрительно-утопическими представлениями. Устное предупреждение лидера большевиков В. И. Ленина – «Поменьше ломайте» – относительно высшей школы было фактически проигнорировано.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафронов, П. А. «Чутко отразить все требования революции»: советский университет в 1920–30-е гг. / П. А. Сафронов // Вопросы образования. – 2010. – № 4. – С. 182–197.

УДК 378
ФОРМИРОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ НЕТЕРПИМОСТИ К КОРРУПЦИИ
В ВУЗАХ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

А. А. ГРИШАЕВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Закон Республики Беларусь «О борьбе с коррупцией» от 15 июля 2015 года направлен не только на последовательное совершенствование антикоррупционного законодательства, но и на максимальное усиление роли общественности в выявлении фактов коррупции и информировании об этом правоохранительных органов. Данная задача является тем более значимой, так как сфера образования по-прежнему подвержена коррупционным рискам. Ежегодно в Могилевской области фиксируются десятки случаев преступлений: в 2011 и в 2013 годах в образовании было выявлено 54 и 33 коррупционных преступления соответственно [1]. В 2016 году учтено 80 коррупционных преступлений в сфере образования. В 2017 – уже 130 таких преступлений [2]. При этом в сфере высшего образования коррупция не только способна снизить его эффективность, допуская на ответственные должности непрофессионалов, но и приносит нравственный вред молодому поколению, которое усваивает полученные «уроки» на всю жизнь.

В связи с этим особую актуальность приобретает требование статьи 5 Закона о борьбе с коррупцией, согласно которой должно быть организовано антикоррупционное обучение лиц, обучающихся в учреждениях образования. При этом антикоррупционное образование и воспитание должны способствовать созданию атмосферы нетерпимости в отношении коррупции. Однако само словосочетание «нетерпимость в отношении коррупции» имеет лингвистическую неопределенность. Для сравнения отметим, что в Российской Федерации применяется термин «формирование нетерпимости к коррупционному поведению». Ни в одном действующем нормативном правовом акте не дается легальное определение того, что следует понимать под термином «нетерпимость в отношении к коррупции». Тот же Комплекс мер по устранению причин и условий, порождающих коррупцию, подготовленный Генеральной прокуратурой Республики Беларусь указывает на необходимость «формирования антикоррупционного общественного сознания...» [2]. Неясно, как интерпретировать данную правовую категорию: как цель (задачу)? как направление образовательной деятельности? как результат антикоррупционного образования и воспитания?

Однако часто правоприменительная практика показывает, что важнее не качественная формулировка термина, а точность и полнота раскрытия его содержания. Формирование в обществе атмосферы нетерпимости может

осуществляться посредством организации воспитательной (антикоррупционное воспитание), образовательной (антикоррупционное образование) и просветительской (антикоррупционное просвещение) деятельности, а также антикоррупционной пропаганды (включая антикоррупционную рекламу). При этом могут использоваться различные средства осуществления такой деятельности, например, организации и проведение творческих конкурсов по вопросам противодействия коррупции, организация и обеспечение деятельности телефонов горячей линии по вопросам противодействия коррупции. Например, Комплекс мер по устранению причин и условий, порождающих коррупцию, предусматривает такие мероприятия, как организация и проведение с привлечением общественности конкурса антикоррупционной социальной рекламы «Вместе против коррупции!...», организация функционирования специализированной службы «Call-Center», принимающей и обрабатывающей телефонные и электронные сообщения о фактах коррупции. Однако следует избегать крайних, а при определенных условиях – радикальных – форм негативного отношения к коррупционному поведению – антикоррупционного фанатизма, который при определенных условиях может перерасти в антикоррупционную ненависть и/или вражду (антикоррупционный экстремизм).

Учитывая изложенное, **предлагаем:** при разработке программ и мероприятий по противодействию коррупции, а также образовательных программ применять формулировку «формирование антикоррупционного мировоззрения и основанного на нем правомерного антикоррупционного поведения»; совершенствовать практику личной ответственности руководителей учебных заведений за состояние антикоррупционной работы; повышать уровень идеологической работы, вести качественный отбор и обучение кадров; формировать нетерпимость к низкому уровню ответственности среди студентов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мигурский, П. Коррупция в системе образования [Электронный ресурс] / П. Мигурский – Режим доступа: <http://www.gazetanm.eu/content/pyotr-migurskiy-korruptsiya-v-sisteme-obrazovaniya>. – Дата доступа: 04.10.2017.

2. Борьба с коррупцией – важнейшая задача государства и общества. – Режим доступа: <http://giprosvjaz.by/ru/news/borba-s-korruptsiej-1436>. – Дата доступа 16.12.2019.

УДК 796

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ ПРОЦЕСС СПОРТСМЕНОВ
В НЕПРОФИЛЬНЫХ ВУЗАХ
НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ПОДГОТОВКИ

А. В. ДОРОЩЕНКО, В. В. СЫЧЕВИЧ, А. Н. ПЕРЕЦ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Тренировочный процесс на начальном этапе подготовки спортсменов в непрофильном вузе очень разнородный, он всецело энергичен и подвижен. Физические нагрузки необходимо составлять по состоянию спортсмена. Они должны соответствовать нормам реакций на организм в целом.

В [1] отмечено, что этап начальной подготовки спортсменов состоит из двух основных задач:

- 1) обучить основам техники в тех видах спорта, которыми занимаются студенты;
- 2) развить выносливость, быстроту, силовые и координационные способности.

Для улучшения физической работоспособности и достижения высоких спортивных результатов требуется эффективное решение вопросов индивидуализации в спорте, которые охватывают отбор, рациональное планирование индивидуального тренировочного процесса, учет физических показателей многоборцев и т. д. [2].

Современный контроль тренировочного процесса основывается на применении актуальных методов количественного изменения математического и функционального моделирования главнейших норм подготовки.

Тренеру и спортсмену нужно владеть системой способов оценки и анализа тренированности всевозможных качеств.

На приспособление к тренировочным нагрузкам, большей частью аэробного, анаэробного или же смешанного характера, воздействуют личные возможности мышечной композиции, аргументированные на генном уровне [3].

В свою очередь, при планировании тренировочного процесса необходимо учитывать общие законы, которые характеризуются биологическими принципами и основами методов тренировки [4].

Для примера рассмотрим анализ положений, касающихся тренировочного процесса девушек на начальном этапе в отдельных видах летнего многоборья.

1. Бег 100 м является основой многоборья. Достижения всех видов многоборья находятся под влиянием развитости быстроты. Вместе с тем

скоростная тренировка не оказывает плохого воздействия на другие виды и качества.

2. Прыжок в длину непосредственно соединен со спринтом. По таблице очков прыжки занимают высокий рейтинг. Высокому достижению в этом виде сопутствуют безошибочно организованный разбег и способность отталкиваться на большой скорости.

3. Метание гранаты считается малоразвитым видом почти у всех многоборцев. Для этого вида характерна постоянно действующая специальная подготовка.

4. В беге на дистанцию 2000 м отмечается значительное различие результатов между спортсменами, т. к. большинство спортсменов имеют большие резервы в этом виде, но не используют их в соревновательной деятельности.

Таким образом, при планировании в одно тренировочное занятие следует включать 2–3 вида многоборья, вместе с тем совершенствование техники осуществляется в 1–2 видах. Так как в соревнованиях по многоборью присутствует соответствующая последовательность, то при подготовке рекомендуется учитывать эту очередность и опираться на существующие условия в тренировке с применением различных методов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физиологическая оценка динамики физической подготовленности студентов Белорусско-Российского университета / Д. Н. Самуйлов, В. Ф. Писаренко, Е. А. Малышева, А. В. Щур // Изв. Гомел. гос. ун-та им. Ф. Скорины. – 2019. – № 5 (116). – С. 61–65.

2. **Дорощенко, А. В.** Мониторинг результативности команды БРУ на республиканских универсиадах 2012/13 годов в отдельных видах многоборья / А. В. Дорощенко, В. Ф. Писаренко // Вестн. Череповецкого гос. ун-та. – 2014. – № 3. – С. 164–168.

3. **Платонов, В. Н.** Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практическое применение: учебник тренера высшей квалификации / В. Н. Платонов. – Киев: Олимпийская литература, 2004. – 808 с.

4. **Писаренко, В. Ф.** Тренировка спортсменов-многоборцев в условиях вуза : монография / В. Ф. Писаренко, Д. Н. Самуйлов, А. А. Минченко. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2017. – 201 с. : ил.

УДК 378.4(476)
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГУМАНИТАРНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ
В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

В. З. ЖУКОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Введение модуля «Философия» в белорусских вузах, предполагавшего изучение в объединенном комплексе собственно философской дисциплины и основ психологии и педагогики, было осуществлено для экономии учебного времени и дальнейшей гуманитаризации высшего образования. С одной стороны, экономия времени удалась. С другой стороны, оказалось невозможным качественно прочитать три курса (по философии, психологии и педагогике) в связи с совмещением их в одном модуле и в пределах одного единственного учебного семестра.

В связи с запредельной недостаточностью учебного времени напрашиваются следующие неизбежные предложения.

В области преподавания в техническом вузе собственно философского курса необходимо отказаться от традиции излишнего теоретизирования. Студентов следует ознакомить в краткой форме с предметным полем и проблемной областью разделов «Онтология», «Гносеология», «Социальная философия». Истории философии следует отвести одну лекцию, например, «Знаменательные «вехи» в истории философской мысли». Основное учебное время должно быть отведено актуальным вопросам.

Повышенную актуальность сегодня приобрел спор о приоритетности синергетики или диалектики как альтернативных стратегий мышления и принятия решений. Некоторые западные деятели и ученые спекулируют на специфике синергетического метода. Следовательно, эту проблему необходимо начать основательно анализировать в студенческой среде.

Наиболее глубоко и «детализированно» целесообразно остановиться на изложении и отработке проблем человековедения, то есть на разделе «Философская антропология». При этом оправданным будет корректное рассмотрение особенностей осмысления человека в марксизме и в неклассической философии, в которой осуществлены оригинальные подходы. В этот раздел дополнительно необходимо включить чрезвычайно полезный аспект учения Зигмунда Фрейда о том, что психологические трагедии, травмы могут при соответствующих обстоятельствах глубоко повредить не только психику личности, но и физиологию организма, то есть вызвать инверсию (возможно произношение термина «инверсия»), даже перверсию. Молодое,

образованное поколение должно знать о возможном «механизме инвертирования», происходящем под влиянием неблагоприятных духовных факторов, а также научиться оказывать первую помощь себе и другим людям, оказавшимся в психологической беде. Разумеется, что окончательную, полноценную помощь могут оказать только специалисты. Однако такие знания и умения никогда не будут для молодежи излишними, так как они обладают практико-ориентированным смыслом.

Акцент в преподавании философии целесообразно также сделать на изучении основ аксиологии. Студенты должны получить философско-праксиологические знания о природе ценностей и антиценностей, тайн ценностных ориентаций.

Что касается изложения основ знаний психологии и педагогики, то в этом направлении преподаватели успевают хорошо изложить на лекциях и отработать на семинарах, как правило, основные принципы и определения терминов, а также ознакомить слушателей с именами ученых в историческом аспекте. На конкретизированное рассмотрение практико-ориентированных вопросов в должном объеме катастрофически не хватает учебного времени. Для студентов технико-технологического профиля акцент в преподавании должен делаться на изучение прикладных вопросов: осмысление особенностей различных темпераментов и характеров людей в контексте их совместимости либо несовместимости; анализ межличностных конфликтов и отработка навыков их предупреждения; освоение приемов концентрации внимания, памяти, повышение психологического фона работоспособности; ознакомление с психологическими, научно обоснованными приемами расслабления (релаксации).

Из наикратчайшего курса педагогики студенты должны успеть «почерпнуть» прежде всего эффективные дидактические приемы, методы обучения и воспитания применительно к деятельности в трудовых коллективах.

УДК 338.242.4
**МЕХАНИЗМ ФИНАНСИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО
 ОБРАЗОВАНИЯ В СТРАНАХ ЕС: АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ**

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

Экономический механизм является важнейшим элементом организационно-экономического механизма государственного регулирования системы высшего образования. Модернизация экономического механизма позволяет регулировать факторы, влияющие на качество подготовки специалистов: состояние учебно-материальной базы, качество преподавания, учебных программ, практического обучения. При модернизации действующего в Республике Беларусь механизма государственного регулирования системы высшего образования необходимо опираться на опыт европейских стран, участвующих в Болонском процессе. Для анализа тенденций развития экономических механизмов европейских стран рассмотрим количественные показатели, характеризующие экономический механизм, рассчитанные с учетом паритета покупательной способности, данные приведены в табл. 1.

Табл. 1. Ивестиции с систему высшего образования (2016 г.)

Страна	Объем финансирования относительно ВВП, %		Индекс изменения объема финансирования относительно 2010 г., %			Размер финансирования обучения одного студента, долл. США		Индекс изменения размера финансирования обучения одного студента относительно 2010 г., %		
	Всего	Без научных исследований и разработок	2005 г.	2011 г.	2016 г.	Всего	Без научных исследований и разработок	2005 г.	2011 г.	2016 г.
Франция	1,4	1,0	88,1	98,8	98,6	16173	11 031	86	100	95
Германия	1,2	0,7	85,5	100,7	101,1	17429	9 863	86	99	87
Польша	1,2	1,0	106,1	87,2	80,1	8 977	7 270	79	94	113
Литва	1,1	0,8	82,7	112,1	67,6	7 701	5 860	76	122	95
РФ	1,1	1,0	51,0	89,3	79,5	8 479	7 693	72	99	114
Среднее по ЕС	1,2	0,9	89,4	101,9	89,7	15863	10 635	89	105	107

Одним из важнейших показателей, характеризующих экономический механизм, является объем финансирования системы высшего образования относительно ВВП страны. Лидером среди приведенных стран является Франция, которая выделяет из всех источников финансирования 1,4 % от ВВП. Отметим, что 73 % от указанного объема финансирования поступает из средств государственного бюджета. В объем финансирования включены средства для финансирования научных исследований и разработок (НИОКР). Из приведенных стран объем финансирования образовательной деятельности (без НИОКР) во Франции максимальный (1,0 % с учетом размера ВВП), он выше среднего показателя по странам ЕС. Имеющиеся данные по индексам изменения объемов финансирования относительно 2010 г. позволяют сделать вывод, что в большинстве стран (Германия, Литва, Франция) в 2011 г. выделялись максимальные объемы финансирования, а к 2016 г. снизились. Объем финансирования относительно ВВП – важный макроэкономический показатель, однако не зная количества обучающихся и размер ВВП, трудно судить о размере финансирования подготовки специалиста. Приведенные в таблице данные по размерам финансирования подтверждают выводы о том, что во Франции и в Германии системы высшего образования (с точки зрения размеров финансирования) находятся в наиболее благоприятных условиях: размер общего финансирования обучения одного студента больше в Германии (17 429 долл. США), а размер финансирования образовательной деятельности во Франции больше, чем в других странах (11 031 долл. США). Отметим, что значительны расходы на научные исследования в Германии – 7 566 долл. США на одного обучающегося в год, увеличился индекс изменения размеров финансирования в Российской Федерации в 2016 г., которая по размеру финансирования образовательной деятельности опередила Литву и Польшу.

Исследование тенденций развития экономического механизма позволяет сделать следующие выводы:

- в большинстве стран размер финансирования подготовки специалистов в системе высшего образования стабилизируется;
- университетам выделяются значительные средства на научные исследования и разработки;
- государственное финансирование замещается частным.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Education at a Glance 2019: OECD Indicators [Electronic resource] // OECD Publishing. – 2019. – Mode of access: [https:// read.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance-2019_f8d7880d-en#page289](https://read.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance-2019_f8d7880d-en#page289). – Date of access: 15.01.2020.

УДК 338.242.4

ПРИНЦИПЫ РЕАЛИЗАЦИИ МОДЕЛИ «УНИВЕРСИТЕТ 3.0»

А. В. КАЗАНСКИЙ, Н. Е. КОРНЕЕВА, Т. В. ПРОТАСОВА

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Сегодня в мире складывается ситуация, когда многие индустриально развитые и развивающиеся страны в модернизации своей национальной экономики делают упор на усиление вклада науки и внедрение научных достижений с целью долгосрочной перспективы динамичного развития промышленности и других отраслей народного хозяйства, а также повышения конкурентоспособности своей страны на мировом рынке. Республика Беларусь не исключение. Базовой площадкой научных знаний, создания новых технологий, инноваций являются университеты Республики Беларусь, т. к. обладают постоянным притоком интеллектуально активной молодёжи, необходимыми ресурсами, возможностью реализации научно-исследовательских проектов, а также потенциалом для подготовки высококвалифицированных специалистов в новых сферах научных знаний и профессий, отвечающих быстро меняющимся запросам экономики и современного общества.

Модель «предпринимательский университет» была разработана Бертоном Р. Кларком, им же был введен в научный оборот термин «Entrepreneurial Universities» (в русскоязычной литературе чаще используется термин «Университет 3.0»). В настоящее время в экспериментальном проекте по внедрению модели «Университет 3.0» в Республике Беларусь участвуют восемь УВО: БГУ, БНТУ, БГУИР, БГТУ, БГЭУ, ГрГУ, Белорусско-Российский университет, ПГУ. По мнению авторов, деятельность по внедрению модели «Университет 3.0» должна отвечать следующим принципам.

1. Целью организации учебного процесса в «Университете 3.0» должна стать подготовка специалистов инновационного типа, обладающих компетенциями для перехода от исследований к разработкам с их последующей коммерциализацией в сфере промышленного и предпринимательского сектора.

2. Обучающиеся должны не только приобретать академические компетенции, умения и навыки в профессиональной области, но и развивать свой предпринимательский потенциал, ориентированный на наукоемкие, инновационные разработки.

3. Процесс обучения должен проходить через всю жизнь человека, это постоянный процесс сотрудничества и взаимодействия обучающегося и педагога-инноватора, основанный на совместном поиске новых знаний, приобретении навыков, направленный на достижение новых научных результатов, востребованных в современной экономике и предпринимательской среде, на решение задач, стоящих перед современным производством.

4. Процесс обучения должен строиться на основе взаимодействия опытного производства и промышленности, устранения барьеров между фундаментальной и прикладной наукой, объединения научного сообщества с корпоративными отделами, занимающимися НИОКР.

5. Необходимо использовать современные лично ориентированные технологии обучения: кейс-технологии проблемного обучения, критического мышления, проектные, проблемно-деловые игры.

6. Научно-педагогические кадры «Университета 3.0», кроме традиционных функций по передаче знаний и умений, должны стать тренерами и консультантами, проводниками по образовательным ресурсам, способными помочь развивать критическое и творческое мышление обучающихся, стимулировать повышение уровня самообразования личности обучающегося.

7. Университет должен стать центром технологического и исследовательского превосходства с развитой учебно-материальной базой и кадровым потенциалом, а также системой открытых инноваций.

8. Основой «Университета 3.0» должны стать отраслевые лаборатории, инжиниринговые центры, бизнес-инкубаторы, центры трансфера технологий, площадки для развития Start-Up и т. д.

9. Возможность получения образования не должна быть ограничена местом расположения университета, необходимо создавать информационную образовательную среду, позволяющую обращаться к зарубежным и отечественным учебным материалам, включиться в которую можно, находясь в любом месте.

Стратегическими целями университета при реализации модели «Университет 3.0» должны стать:

- формирование органов управления УВО, нацеленных на поддержку науки и инноваций;

- диверсификация направлений деятельности на основе изучения потребностей рынка;

- формирование мобильных проектных структурных подразделений, проектных офисов, деятельность которых направлена на достижение определенных результатов;

- поиск альтернативных источников финансирования, привлечение негосударственного финансирования инновационных проектов;

- формирование инновационных структур, взаимодействующих с заказчиками, потребителями наукоемких товаров и услуг;

- создание системы стимулирования результативного труда ППС, внедрения его результатов;

- воспитание культуры предпринимательства на основе соблюдения законности, ответственности, соблюдения этических норм.

Реализация модели «Университет 3.0» позволит повысить качество подготовки специалистов, их инновационную активность, усилить взаимодействие с заказчиками кадров, бизнес-сообществом, удовлетворить потребности промышленности в кадрах и современных технологиях.

УДК 378.14

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА УСПЕВАЕМОСТЬ СТУДЕНТОВ

О. Е. КОВАЛЕНКО, Т. В. МЕДВЕДСКАЯ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Одним из основных показателей успеваемости студентов вуза является абсолютная успеваемость. Этот показатель определяется как отношение количества студентов, которые сдали все предметы в сессию на положительные отметки, к числу студентов, обучающихся в конкретной группе. Высокое значение этого показателя свидетельствует о надлежащем усвоении образовательной программы, что является залогом получения высококвалифицированного специалиста.

На абсолютную успеваемость влияет ряд факторов, о которых надо знать и которые необходимо учитывать при организации образовательного процесса. Объектами исследования являлись студенты строительного факультета Белорусско-Российского университета. Был проведен анализ результатов сессий, личностных характеристик неуспевающих студентов и ряда других объективных и субъективных факторов, которые могут влиять на абсолютную успеваемость.

Анализ средней суммы баллов, полученных на централизованном тестировании абитуриентами, и результатов промежуточного контроля знаний в середине семестра показал, что на абсолютную успеваемость первокурсников наибольшее влияние оказывает уровень базовой подготовки и темп адаптации к учебному процессу в вузе. Кроме этого, был проведен анализ мест проживания отстающих студентов 1 курса. Соотношение между иногородними и местными студентами составило 1/1. «Должников» по сессии в данном соотношении – 2/3. Однако если «местные» студенты в основном имеют по одной задолженности, то количество задолженностей в сессию у 63 % иногородних студентов две и более. Полученные результаты характеризуют влияние условий для подготовки к занятиям и степень контроля процесса обучения со стороны родителей. Кроме этого, меньшее количество «должников» среди иногородних студентов указывает на высокую позитивную мотивацию в виде улучшения материального положения и перспектив трудоустройства.

На старших курсах наблюдается рост успеваемости, обусловленный адаптацией к учебному процессу и отчислением самых слабых студентов в течение предыдущих семестров. Однако на данном этапе становится влиятельным такой фактор, как количество пропусков занятий без уважительной причины. Студентам приходится трудоустроиваться в связи с тяжелым материальным положением либо перспективой распределения.

УДК 811:004
СЕРВИСЫ WEB 2.0 КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРЕПОДАВАНИЯ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА В НЕЯЗЫКОВОМ ВУЗЕ

Е. А. КОНОПЛЁВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Преподавание иностранного языка в неязыковом вузе является проблемным пунктом для преподавателей, ведь в короткий срок нужно подготовить специалиста, владеющего иностранным языком. Достичь этого можно, только совмещая традиционные и инновационные методы обучения. Сегодня, когда компьютерные технологии проникли во все сферы человеческой жизни, появилась необходимость совершенствования образовательного процесса, поскольку владение иностранным языком есть один из факторов, которые влияют на конкурентоспособность молодого специалиста. Всё это требует особого подхода и отдачи, ведь студентов нужно не только обучить, но и заинтересовать, так как мотивация к изучению иностранного языка у многих зачастую отсутствует, а соответственно, снижаются эффективность и результативность.

Не секрет, что студент, выбравший неязыковую специальность, зачастую обладает недостаточной языковой подготовкой, а в группе могут быть учащиеся с разным уровнем знаний и разной степенью мотивации к изучению иностранного языка. Все эти факторы значительно затрудняют работу. Здесь на помощь приходит использование технических средств и компьютерных технологий, которые вызывают у студентов технического вуза огромный интерес и приближают обучение к реальной жизни. Современные студенты большую часть своей жизни проводят в сети Интернет и было бы огромным упущением не внедрить это в процесс обучения иностранным языкам с целью повышения эффективности обучения.

В настоящее время существует множество современных технологий, к которым, в первую очередь, относятся так называемые сервисы Web 2.0, имеющие ряд преимуществ в педагогической практике. Благодаря этим сервисам в распоряжении преподавателя находится огромное количество учебных материалов и возможность самостоятельного их создания с целью многократного использования. С помощью таких технологий студенты также могут самостоятельно создавать материалы, что значительно повышает интерес к изучению иностранного языка. WEB 2.0 даёт возможность студентам самостоятельно управлять обучением, не быть привязанным к месту и времени, обучающиеся могут самостоятельно создать подходящую среду обучения, индивидуально подобрать учебный материал многократно прослушивать, просматривать, читать или выполнять упражнения.

Интерактивные сервисы WEB 2.0 способствуют не только оптимизации процесса преподавания, но и повышению эффективности изучения иностранного языка в неязыковом вузе, а также освоению таких навыков, как автономия, критическое мышление, рефлексия, навыков коммуникационной культуры.

К сервисам WEB 2.0 относятся Вики, социальные сети, платформы для создания презентаций, дневники, блоги, мультимедийные системы и другие. Рассмотрим один из наиболее распространённых в последнее время – подкаст (podcast).

Подкастом называются регулярно выходящие мультимедийные публикации (файлы) на различные темы, которые можно слушать онлайн или скачивать для прослушивания офлайн. На подкасты можно подписаться, таким образом получать своевременно актуальную информацию, что позволяет развивать социокультурную компетенцию и речевой этикет. Подкасты для изучения иностранного языка прочно занимают свою нишу уже ни один год. Среди них различные виды: подкасты для работы над лексическим материалом (особенно полезны для студентов экономических и технических специальностей), направленные на развитие умений аудирования, с объяснением грамматических правил или даже подкасты для проведения целого занятия по иностранному языку. Существенным преимуществом подкастов является то, что они ориентированы не на носителей языка, а на людей, его изучающих.

Из тысячи существующих подкастов можно выбрать аутентичные подкасты на изучаемом языке, соответствующие необходимым целям и языковому уровню и даже разной скорости их произнесения. Обычно подкасты сопровождаются транскриптами и упражнениями для усвоения новой лексики и тренировки грамматики.

Эффективность использования аудиоматериалов уже давно доказана на практике, ведь с помощью голоса можно передать эмоции, интонацию и правильное произношение, что немаловажно в условиях отсутствия реальной иноязычной среды.

Примером регулярно выходящего подкаста в обучении немецкому языку является информационный портал «Deutsche Welle». Он предлагает выбор аутентичных подкастов для разных целей и уровней подготовки, база постоянно обновляется, тем самым поддерживается актуальность предлагаемой информации, что способствует повышению мотивации для изучения иностранного языка.

Конечно, использование сервисов Web 2.0 не может полностью заменить традиционные формы обучения и реальной коммуникации, но является отличным способом разнообразить, мотивировать, дополнить и углубить образовательный процесс.

УДК 159.9: 796

ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА КАК СРЕДСТВО ПРЕОДОЛЕНИЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ В ОБЩЕНИИ

Е. А. КОПЫЛОВА, Т. В. АФАНАСЕНКО

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Физическая культура является важнейшим компонентом целостного развития личности.

Значимость физической культуры проявляется через гармонизацию духовных и физических сил, формирование таких общечеловеческих ценностей, как здоровье, физическое совершенство.

Систематические занятия физическими упражнениями, туризмом и другими видами двигательной активности благоприятно сказываются на умственной деятельности, повышают работоспособность человека, способствуют развитию выносливости, укреплению здоровья, созданию положительного эмоционального фона.

У современной молодежи могут возникать проблемы не только со здоровьем, физическим развитием и физической подготовленностью, но и с психоэмоциональным состоянием. Во взаимоотношениях студентов между собой, студентов с преподавателями могут иметь место психологические барьеры.

Психологические преграды возникают вследствие индивидуальных психологических особенностей человека (скрытность, скованность, асоциальность), а также в результате особенностей отношения (антипатия, недоверие).

Работа преподавателя требует постоянного общения. Для осуществления педагогической деятельности необходимо обладать такими качествами, как педагогическая справедливость, такт, ответственность, самодисциплина, этикет.

Задача, стоящая перед преподавателем, – почувствовать психологический барьер, определить его вид и применить наиболее эффективный способ для его устранения. Опытный преподаватель перед началом занятия может определить психофизическое и эмоциональное состояние студентов. Проявление хронической усталости, стресса, беспокойства, невнимательности, упрямства особенно заметно перед началом экзаменационной сессии. Занятия физической культурой эффективно помогают снять эмоциональный стресс, убрать излишнюю агрессию, если она присутствует, или взбодрить при вялости и сонливости. Физические упражнения способствуют снятию нервного напряжения, улучшают сон и самочувствие, повышают работоспособность. То есть приводят организм в оптимальное физическое и эмоциональное состояние.

Физические нагрузки помогают не только укрепить здоровье, но и переключиться с одного рода деятельности на другой.

Регулярные занятия физическими упражнениями в режиме учебной программы являются сдерживающим фактором формирования отрицательных эмоций у студентов.

Во время занятий по физической культуре, особенно при проведении спортивных игр, у студентов повышается уровень устойчивости к стрессам, формируется характер, повышается самоконтроль и самообладание, воспитывается чувство коллективизма, развиваются волевые качества. Происходит социальная адаптация, а это является важной составляющей жизни. Физические упражнения хорошо влияют на психику молодых людей, особенно в состоянии депрессии. В этом случае нагрузки должны быть подобраны с учетом индивидуальных особенностей занимающихся. Важно, чтобы занятия приносили удовольствие и радость. Для преодоления психологического барьера у студентов преподаватель обязан найти индивидуальный подход к каждому из них, учитывая при этом пол, функциональное и психологическое состояние, степень нагрузки во время учебного процесса. Дать возможность быть самим собой с учетом соблюдения социальных норм поведения. Создать мотивацию у занимающихся, а это возможно сделать с помощью творческого, профессионального отношения к работе. Развивать у студентов чувство сопереживания и участия. Ставить поэтапные задачи для развития и совершенствования физических качеств. Уметь искусственно поставить определенные сложные задачи, реализация которых возможна с помощью волевых усилий, коллективных действий, проявления лидерских качеств студентов.

Основой общения между преподавателем и студентами являются уважение и внимательность, доверие друг к другу. Укрепление доверия происходит, когда преподаватель демонстрирует профессиональную компетентность, проявляет дружелюбие и динамичность, а также позитивный подход. При позитивном подходе в большей мере используется похвала для закрепления желаемого поведения. Авторитетом пользуется тот преподаватель, который дает возможность студентам принимать участие в образовательном процессе посредством высказывания собственной точки зрения, при решении поставленных задач. Педагогу важно совершенствовать навыки невербального общения, такие как мимика, жесты, тембр голоса.

Преподавателю для сохранения взаимопонимания со студентами нужно отказаться от сравнительной оценки. То есть нельзя акцентировать внимание группы на низкий уровень подготовленности одного или нескольких студентов, а также превозносить способности иного студента на общем фоне. В противном случае это может привести к разрозненности в коллективе и увеличению психологического барьера в общении.

УДК 37.013

ГЕНДЕРНАЯ КОМПЕТЕНТНОСТЬ В СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

О. П. КОРОЛЮН

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Актуальным для современной системы высшего образования во всем мире сегодня является компетентностный подход. Именно такой подход способен усиливать взаимодействие социума с высшими учебными заведениями. Будущие специалисты должны владеть компетенциями, которые помогут им в профессиональной деятельности достигать ярких результатов, быть успешными и конкурентоспособными в любой быстро меняющейся социально-экономической и социокультурной ситуации, что очень свойственно современной постмодернистской действительности. Формирование конкретных компетенций у будущих специалистов воспринимается как основной критерий качества высшего профессионального образования. Деятельность высших учебных заведений во всем мире сегодня направлена на формирование профессиональной компетентности, социальной компетентности, коммуникативной компетентности. Гендерная компетентность и процесс ее формирования у студентов высших учебных заведений были актуализированы не так давно. Современная действительность все ярче демонстрирует тот факт, что гендерное образование существенным образом влияет на формирование готовности к социокультурному диалогу, гуманистически ориентированной личности, личности, способной к критическому осмыслению своего личного и профессионального опыта. Гендерное образование является междисциплинарным и затрагивает такие области знаний, как психология, социология, культурология, антропология, философия, история и др., что значительно расширяет и качественно улучшает гуманитарную составляющую в высших учебных заведениях, особенно технико-технологического профиля.

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. Происходят существенные изменения в современном обществе, вызванные ломкой традиций гендерного характера. Сегодня мы стали свидетелями сближения мужских и женских ролей и позиций в обществе в целом, в семье, в сфере деловых отношений в частности. Сфера профессиональной деятельности является той областью,

где изменения в гендерных отношениях происходят наиболее заметно и интенсивно, что актуализирует важность формирования гендерной компетентности у будущих современных специалистов.

Гендерная компетентность личности – это социально-психологическая характеристика личности, которая позволяет ей быть эффективной в сфере социального и в системе межполового взаимодействия. Компетентность – это своеобразный сплав знаний и умений. Гендерная компетентность личности включает в себя следующие составляющие:

- знания о ситуациях, провоцирующих гендерное неравенство, и причинах, которые их вызывают;
- умения замечать и грамотно оценивать ситуации гендерного порядка в разных сферах жизнедеятельности;
- способность разрешать свои собственные гендерные проблемы и конфликты;
- способность не демонстрировать в своем поведении гендерно дискриминационные модели взаимодействия с другими людьми.

Результаты исследования российских ученых, связанных с анализом уровня развития гендерной компетентности студентов в вузах, подтвердили актуальность и востребованность дисциплин подобной тематики. Студенты, получившие основы гендерного образования, демонстрировали низкий уровень приверженности к гендерным стереотипам и гендерным предубеждениям, стиль поведения, основанный на диалоге и взаимоуважении, высокий уровень гражданской ответственности и социальной ответственности [1]. Это в очередной раз подтверждает, что развитие гендерной компетентности современных студентов в отечественных вузах, в том числе и технико-технологического профиля, соответствует основным целям модернизации высшего профессионального образования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ерофеева, М. А.** Измерение гендерной компетентности студентов педагогических факультетов [Электронный ресурс] / М. А. Ерофеева – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41288> . – Дата доступа: 03.02.2020.

УДК 316.6

ИНТЕНЦИЯ «МАЛАЯ РОДИНА» КАК ЭЛЕМЕНТ ИДЕНТИЧНОСТИ ЛИЧНОСТИ

О. П. КОРОЛЮН

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Существует очень много подходов к осмыслению интенции «Малая родина» с позиций различных научных направлений. Один из них связан с психологией. Интенция (лат. *intentio* – «намерение, стремление») – направленность мышления, сознания личности на что-либо. Интенция может осознаваться человеком, а может быть элементом его бессознательного и проявляться в желаниях, влечениях, стремлениях. Описание этого феномена впервые можно заметить в работах Фомы Аквинского и других известных средневековых схоластов. В XIX в. психолог Ф. Brentano утверждал, что сознание любой личности направлено на то, что находится вне ее самой, то есть является интенциональным. Многие направления психологии, например, такие как персонализм, гештальтпсихология и другие, занимались изучением интенции. Современная психология относит все психические процессы к интенциональным, так как отношение личности к объекту, на которое направлено мышление, может быть абсолютно разным по эмоциональным, когнитивным и мотивационным составляющим.

Интенция – это связующая нить между личностью и внешним миром. Это возможность личности быть активной в жизни, возможность менять действительность и себя. Мартин Хайдеггер, известный философ-экзистенциалист, писал: «Человек в своем бытии – это существо, которое заботит бытие», он связывал интенциональность и заботу о мире [1]. Интенция «Малая родина» – это, прежде всего, ярко выраженный психологический феномен. Современная психология находит непосредственную связь интенции «Малая родина» с идентичностью личности. Это проиллюстрировано в следующей точке зрения: «Малая родина» – это восприятие множественностью взаимодействующих индивидов своей среды обитания как особой, некой условной целостности, обладающей внутренней культурной и пространственной логикой, представляющей совокупность пространственных идентичностей в пределах региона, включая идентичности населённых пунктов и местные проявления идентичности» [2].

Интенция «Малая родина» чрезвычайно актуализирована в наше время, время острейшего кризиса идентичности и глобализации. Поиски своей идентичности становятся центральной проблемой современного человека. Многие исследователи называют современное общество *identity*

play society – «общество игры с идентичностью». Интенция «Малая родина» – это возможность идентификации с ценностно значимым для человека регионом, играющим значительную ценностную роль в формировании и развитии личности. Такая идентификация реализуется благодаря тому, что личность отождествляет себя с группой людей, носителей социокультурных традиций данной территории. Для любой личности свойственно индивидуальное отношение к миру. Образ «малой родины» для каждой личности состоит из отдельных личных переживаний, воспоминаний, отношений, что чрезвычайно важным является для эмоциональной и ценностно-смысловой сферы каждого современного человека, поскольку это способно минимизировать травмирующие последствия адаптации к современным социальным и культурным условиям информационной, постмодернистской эпохи. В эпоху глобализации стираются этнические и культурные границы, что выступает угрозой для этнической и национальной идентичности. Особенно эта проблема в последнее время весьма актуальна для Беларуси, которая имеет специфическое территориальное положение, «на скрывающихся Еёропы», уникальный, исторически сложившийся полиэтничный состав населения. «Малая родина» многолика. Для одних – это родной город, улица в городе или небольшой дворик, деревня, где прошли лучшие детские годы, для других – кусочек дикой природы, который радовал глаз и дарил чувство наполненности и покоя. А для тех, кто уехал искать счастье в другие страны, «малой родиной» стала Беларусь – отметил президент Республики Беларусь Александр Григорьевич Лукашенко [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Хайдеггер, М.** Бытие и время [Электронный ресурс] / М. Хайтдеггер. – Режим доступа: <https://e-libra.ru/read/170180-bytie-i-vremya.html>. – Дата доступа: 11.02.2020.
2. **Крылов, М. П.** Российское культурно-историческое пространство. Проблема региональной идентичности / М. П. Крылов // Мир психологии. – 2005. – № 3. – С. 187–198.
3. Год малой родины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://minsk.edu.by/main.aspx?guid=19773>. – Дата доступа: 12.02.2020.

УДК 378.4

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫСШЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО
ОБРАЗОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Ю. Н. ЛОПАЦКИЙ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

С развитием научно-технического прогресса общество испытывает устойчивую зависимость от техники как с положительными, так и негативными последствиями. Представители философских школ стремились осмыслить различные аспекты этих тенденций. Познание сущности и последствий технического прогресса не утратило своей актуальности и на современном этапе. Сегодня это происходит не только на уровне ученых научно-исследовательских институтов и кафедр, но и в системе вузовского технического образования, в ходе подготовки специалистов технического профиля. В процессе развития высшего технического образования расширяются возможности для познания сущности человека, который, изменяя техническую составляющую экономического развития, изменяет свои потребности, запросы, свой интеллектуальный и духовно-нравственный потенциал. Полученные знания по этим проблемам позволяют выпускникам технических вузов разработать и применять в процессе профессиональной деятельности более действенные механизмы для уменьшения негативных последствий технизации общества и их социальных проявлений. Важно подчеркнуть, что эти проблемы были и остаются актуальными как для человеческой цивилизации в целом, так и отдельных стран.

Одной из особенностей развития высшего образования в Республике Беларусь является его массовый характер. Эта тенденция в определенной мере распространяется и на образование по техническим специальностям, о чем свидетельствует статистика. «Если в 2010 г. в Республике Беларусь дипломы с высшим образованием по профилю «Техника и технологии» получили 12,1 тыс. выпускников, то в 2017 г. – 15,3 тыс. чел. Соответственно по профилю «Архитектура и строительство» эти цифры выросли с 2,4 до 3,1 тыс. чел. [1, с. 153]. Растет и общее число студентов по инженерным специальностям. «Количество студентов в вузах промышленности и строительства увеличилось с 55,3 тыс. чел. в 1990/91 уч. году до 106, 8 тыс. чел. в 2007/2008 уч. году, а в вузах транспорта и связи за этот период – с 4,6 тыс. до 12,5 тыс.» [2, с. 211].

В национальной системе высшего образования Республики Беларусь, которая находится под влиянием многообразных процессов глобализации, реально обнаруживается проявление многих черт образовательных систем

других стран. Это находит выражение в студенческой и профессорско-преподавательской мобильности, интеграции с образовательным пространством России, стран СНГ и Европы, использовании информационно-коммуникационных технологий. «Если в 2012–2013 уч. году в учебном процессе в вузах использовалось 497 тыс. персональных компьютеров, то в 2017–2018 уч. году их число увеличилось до 594 тыс. Возросло их количество и на 1000 студентов соответственно с 127 до 183 компьютеров» [1, с. 156]. Вышеперечисленные и многие другие позитивные тенденции приобрели устойчивую динамику, что способствует совершенствованию белорусской образовательной системы.

Повышению конкурентоспособности высшего образования Республики Беларусь способствует переход от сциентистских методов преподавания к активной самостоятельной деятельности студентов. Если традиции советской высшей школы предусматривали изложение значительного по объему материала, запоминание студентами фактов, событий, категорий, содержания учебного материала в целом, то на современном этапе университетское 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.

Решение вышеперечисленных задач происходит и в процессе преподавания гуманитарных дисциплин в технических вузах. Принятая Министерством образования Республики Беларусь Концепция оптимизации социально-гуманитарных дисциплин в учреждениях высшего образования ориентирует преподавателей на изменение образовательных технологий и переход к таким формам обучения, которые бы формировали у студентов потребность в непрерывном образовании и творческой работе 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.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2018. – Минск, 2019. – 590 с.
2. Статистический сборник Республики Беларусь, 2008. – Минск, 2009. – 600 с.

УДК 32.019.5

ПУТИ ФОРМИРОВАНИЯ УЗНАВАЕМОСТИ СОЮЗНОГО
ГОСУДАРСТВА БЕЛАРУСИ И РОССИИ

С. Е. МАКАРОВА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Союзное государство Беларуси и России стало своего рода модельным проектом для всех последующих интеграционных образований на постсоветском пространстве. Успешно работают совместные программы в области науки, экономики, социальной сферы, образования. Новая форма тесного сотрудничества явно нуждается в эффективной системе информационного обеспечения.

Важной проблемой при формировании имиджа Союзного государства является его узнаваемость среди других форм интеграции. Оно нуждается в эффективной системе информационного обеспечения, опирающейся на сложившиеся информационные структуры двух республик [1, 2].

Вопросы информационного обеспечения деятельности Союзного государства рассматривались на многих конференциях, форумах регионов России и Беларуси. При Парламентском Собрании Союза Беларуси и России на одном из постоянно действующих семинаров стоял вопрос о роли региональных СМИ в формировании общего информационного пространства Союзного государства [3].

Роль ведущего сетевого СМИ выполняет Информационно-аналитический портал, где представлены новости в соответствующем формате. Накануне юбилея Союза Беларуси и России на страницах журнала «Союзное государство», который начал выходить в «глянцевом варианте» с 2006 г., развернулась дискуссия, в которой приняли участие политики, дипломаты, эксперты Беларуси и России. По их общему мнению, формированию положительного имиджа Союзного государства может поспособствовать правильная молодежная политика: академическая мобильность, участие в крупных проектах. Работа Молодежной палаты при Парламентском Собрании Союза Беларуси и России нацелена на повышение уровня информирования молодежи Беларуси и России о Союзном государстве [4]. Продолжается работа над проектом «Стратегии развития молодежной интеграции Союзного государства».

Газета «Союз. Беларусь. Россия» как периодическое издание Совета Министров Союзного государства начала издаваться с декабря 1999 г. Она выходит как приложение к белорусской общеполитической газете «СБ. Беларусь сегодня» и «Российской газете». Треть подаваемой информации представлена комментариями буквально по всем направлениям сотрудничества, в том числе молодежной политики.

Вопрос состоит в том, чтобы имеющиеся материалы в периодической печати, сети Интернет использовать в работе с молодежью, проводить скоординированную молодежную политику, поддерживать те молодежные и детские общественные организации, деятельность которых направлена на популяризацию союзной идеи [4]. Чтобы ликвидировать пробелы в узнаваемости Союзного государства, необходимо расширить взаимодействие экспертного сообщества двух государств, проводить социологические опросы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Беляев, А. В.** Проблема медийной узнаваемости Союзного государства Беларуси и России / А. В. Беляев, Я. Р. Жиманов // Россия – Беларусь: 20 лет Союзному государству (образовательные, научно-исследовательские и социогуманитарные аспекты развития российско-белорусских отношений): материалы Междунар. науч.-практ. конф. / Белорус.-Рос. ун-т; редкол.: М. Е. Лустенков (гл. ред.) [и др.]. – Могилев, 2019. – С. 182–184.

2. **Иванцов, А.** Информационное обеспечение деятельности Союзного государства / А. Иванцов, В. Шадурский // Беларуская думка. – 2019. – № 7. – С. 92–98.

3. **Мелихова, Е.** Новости без ретуши. СМИ и образ Союзного государства / Е. Мелихова // Союз. Беларусь. Россия. – 2019. – 6 мая.

4. Наше общее будущее должна строить молодежь // Союзное государство. – 2019. – № 12 (154). – С. 18–24.

УДК 811:316.472.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСОВ ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ ИНОЯЗЫЧНОГО СЛОВАРНОГО ЗАПАСА

Е. Н. МЕЛЬНИКОВА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Владение иностранным языком невозможно без усвоения достаточного словарного запаса. Существуют различные комплексы упражнений, направленных на формирование, развитие и совершенствование лексических навыков. Основными этапами работы над лексикой являются: ознакомление с новыми словами, их тренировка, использование новых слов в устной и письменной формах речи.

Лексический навык считается сформированным, если обучающийся умеет правильно выбирать значение слова для выражения определенного понятия, комбинировать лексические единицы с учетом их сочетаемости, выражать свои мысли имеющимися лексическими средствами в соответствии с определенной коммуникативной задачей и ситуацией. Сложность изучения лексики заключается в необходимости усвоить большое количество лексических единиц с учетом их многозначности и сочетаемости, а также недостаточном владении приемами запоминания новых слов.

Следует отметить важность самостоятельной работы для расширения словарного запаса. В настоящее время обучающийся имеет возможность использовать различные учебные интернет-ресурсы, которые ускоряют процесс запоминания слов и обучают правильно использовать их в соответствии с коммуникативной задачей и ситуацией общения. Данные ресурсы предлагают комплексы упражнений, которые выполняются в определенной последовательности: просмотр слова, выбор правильного перевода из нескольких вариантов, подбор определения слова на иностранном языке, составление слова из букв, заполнение пропуска в предложении, нахождение соответствий, нахождение синонимов и антонимов, решение кроссвордов, исключение слов из группы понятий, ответы на вопросы, предполагающие использование новых слов, и т. п. Электронные словари обладают большой словарной базой, позволяют осуществлять быстрый поиск информации, предлагают определения и значения слов с произношением, приводят примеры употребления слов и их сочетаний. При использовании данных ресурсов важно соблюдать периодичность. Чем чаще работать с ресурсом, тем выше вероятность запоминания слов. В целом, использование интернет-ресурсов позволяет ускорить процесс запоминания новых слов и способствует успешному формированию лексических навыков.

УДК 811.161.1

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРАКТИВНОГО КАБИНЕТА-МУЗЕЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ РКИ

В. В. ПАНЕЖА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Одним из путей эффективного обучения русскому языку как иностранному является создание интерактивных кабинетов-музеев. Современный интерактивный кабинет-музей высшего образовательного учебного учреждения – уникальная точка преломления культуры и образования. Собранные экспонаты музея содействуют развитию коммуникативных компетенций, поддержке творческих способностей студентов, формированию интереса к собственной культуре и культуре других народов, уважительному отношению к нравственным и духовным ценностям прошлых поколений.

Кабинет-музей – это интерактивное пространство для студенческой аудитории, в которой осуществляется познавательная, учебная и досуговая деятельность в специально организованной среде. По мнению Т. В. Галкиной, в подобных музеях понятие «музейный предмет» подвергается трансформации – оно включает как предметы, обладающие признаками раритетности, так и типичные предметы. Большинство экспонатов находятся в открытом доступе, что не приемлемо для традиционных музеев. Более того, студентам предоставлена возможность самим пополнять экспозицию музея под контролем организаторов музея.

В Белорусско-Российском университете с 2018 г. функционирует и активно используется в учебном процессе интерактивный кабинет-музей предметов культуры и быта белорусского народа и народов мира (аудитория 536, корпус 1). Создатели данного кабинета-музея – старший преподаватель кафедры «Гуманитарные дисциплины» В. В. Панежа и преподаватель этой же кафедры Н. В. Мурадян. За два года собрана уникальная коллекция предметов культуры и быта не только белорусского народа, но и стран, студенты которых обучаются в университете. Экспонаты музея посвящены народному декоративно-прикладному искусству, они знакомят с особенностями национального костюма, ткачества, вышивки и кружевоплетения, гончарства, кузнечного дела; столярного и бондарного ремесла; плетения из лозы и соломы. Собранные экспонаты свидетельствуют о богатых культурных традициях народов разных стран: Беларуси, России, Украины, Болгарии, Туркменистана, Казахстана, Узбекистана, Турции, Египта, Сирии, Китая, Индии и др. Деятельность кабинета-музея предметов культуры и быта белорусского народа и народов мира сосредоточена не только на поисково-собирательской работе, но и на

сохранении памятников культуры и быта использованием их в учебной и воспитательной деятельности.

Кратко остановимся на формах и методах работы с использованием экспонатов интерактивного кабинета-музея. Прежде всего, это использование музейных предметов в качестве наглядных пособий на уроках, возможность включать музейный материал в учебный процесс: проведение различных уроков (уроки-экскурсии, мастер-классы, квест-игры, деловые, познавательные игры, инсценировки); написание студентами докладов с использованием музейных предметов. Например, работая с текстом «Мастерская ткачества», можно предложить студентам такие задания: найдите в тексте выделенные слова и соответствующие им экспонаты в экспозиции интерактивного кабинета-музея «Предметы культуры и быта народов мира». Расскажите, что вы знаете об этих предметах? Есть ли в вашей стране подобные вещи? Расскажите о традициях ткачества в вашей стране, используя экспонаты интерактивного кабинета-музея.

Широко используются материалы и экспонаты музея во внеурочной работе (организация фольклорных праздников, литературных композиций, театрализованных представлений, инсценировка сцен из произведений белорусских и русских писателей, проведение викторин, «Поле чудес» и др.). Нельзя не обратить внимания на такую форму работы с использованием музейных экспонатов, как разработка и проведение квестов во время экскурсий. Использование лингвострановедческого материала при изучении русского языка как иностранного способствует формированию социокультурной компетенции как части коммуникативной компетенции.

Результатом работы интерактивного кабинета-музея предметов культуры и быта белорусского народа и народов мира стало создание трех авторских проектов: «Память сердца», приуроченный к 75-летию освобождения Беларуси от немецко-фашистских захватчиков; «Сказочный калейдоскоп» и «Комплексное использование интерактивного кабинета-музея в процессе обучения РКИ» (авторы: В. В. Панежа, Н. В. Мурадян).

В проект «Сказочный калейдоскоп» вошли сценарии театральных представлений по мотивам русских народных сказок и сказок народов мира, используемых в процессе обучения русскому языку как иностранному. В проект «Комплексное использование интерактивного кабинета-музея в процессе обучения РКИ» вошли экскурсии по историческим местам Беларуси с разработанными квестами; описание праздников, отражающих культуру и быт белорусского народа и народов мира. К каждому проекту прилагаются видеофильмы театрализованных праздников, спектаклей, квестов и учебно-методические приложения с текстами, включающими описание экспонатов интерактивного кабинета-музея, с заданиями к этим текстам для проведения уроков-экскурсий.

УДК 355.233.231.1

ПАТРИОТИЗМ КАК ОСНОВА СЛАВЯНСКОГО НАРОДА

В. Д. ПОДОШЕВКО

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Патриотическое воспитание является важной формой идеологической работы, проводимой в Республике Беларусь. У молодёжи формируются такие ценности, как любовь к Родине, к народу, к его истории, гордость за боевой и трудовой героизм старшего поколения в годы войны и в мирное время.

Анализируя работу по патриотическому воспитанию молодёжи в вузах нашей республики, необходимо отметить такие её направления, как встречи студентов с ветеранами войны и труда, с бывшими малолетними узниками концлагерей, участие в фестивалях «Студенческая весна», «Зямля пад белымі крыламі». Посещаются музеи, подшефные воинские части, проводятся информационные часы в общежитиях и в студенческих аудиториях по патриотическому воспитанию, ведётся разговор о достижениях Республики Беларусь в мирное послевоенное время.

Патриотическому воспитанию способствует курс «Великая Отечественная война советского народа (в контексте Второй мировой войны)».

В годы Великой Отечественной войны (1941–1945) ценой своей жизни советские люди остановили и уничтожили врага, избавили мир от коричневой чумы двадцатого века. Не смог враг поставить советский народ на колени. Жители Могилева, как и другие советские люди, доказали это уже на первом этапе войны, когда более трёх недель сдерживали неистовый штурм областного центра войсками группы армий «Центр». Могилев стал неприступным бастионом, вторым Мадридом, предтечей обороны Сталинграда (как отмечал Маршал Советского Союза, Герой Советского Союза Андрей Иванович Ерёмченко). Опыт ведения боя в Могилеве использовали воины Красной армии при защите города-героя Сталинграда. Об этих событиях рассказал в своей трилогии «Живые и мёртвые» Константин Симонов, побывавший в июле 1941 года на Буйничском поле, где держали оборону Могилева воины 172-й стрелковой дивизии генерал-майора М. Т. Романова. В пылающем 1941 году наш родной Могилев держался 23 дня. Фашисты же в июне 1944 года сложили оружие менее чем за сутки.

События 1941 года нашли отражение в материалах Международной научной конференции «Днепровский рубеж: лето 1941 г.», проведенной в Белорусско-Российском университете.

В своих книгах, посвящённых теме патриотического воспитания молодёжи, я пишу о той цене, которую заплатили мои земляки, весь советский народ за победу над фашизмом (книга «Патриотическое

воспитание молодёжи», часть 9 размещена на сайте Могилевского горисполкома в рубрике «Молодёжь и политика»).

Десятки миллионов человеческих жизней, разрушенные и сожжённые города и сёла, промышленные предприятия, дворцы, музеи, невероятное количество людей, в качестве рабов угнанных в Германию, – вот цена той Победы. И об этом мы не забываем, и всегда благодарны нашим отцам, дедам и прадедам за их героический подвиг в годы войны, за Победу, 75-летие которой будем отмечать в нынешнем, 2020 году.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Благополучие народа, миролюбивая внешняя политика, национальная безопасность: Послание Президента Респ. Беларусь А. Г. Лукашенко белорусскому народу и Национальному собранию Республики Беларусь // Советская Белоруссия. – 2019. – 20 апр. – С. 5.

2. Наша победа: 70-летию освобождения Беларуси и Могилевской области от немецко-фашистских оккупантов посвящается / Под ред. В. А. Малашко. – Могилев: Могилев. ведомости, 2014. – 264 с.

3. Памяць: гіст.-дакум. хроніка / рэдкал.: Г. П. Пашкоў (гал. рэд.) [і інш.]. – Мінск: Беларус. энцыкл., 1998. – 496 с.

4. Памяць: Бялынін. р-н / рэдкал.: А. В. Агееў [і інш.]. – Мінск: Вышэйшая школа, 2000. – 500 с.

5. Подошевка, В. Д. Нет конца ему, полю памяти / В. Д. Подошевка // Веснік Магілёва. – 2019. – 29 мая.

6. Подошевка, В. Д. Патриотическое воспитание молодёжи / В. Д. Подошевка. – Могилев: Тип. им. Спиридона Соболя, 2019. – Ч 10. – 173 с.

УДК 811:37.013
КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
РЕСУРСОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБУЧЕНИИ
ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ

Ж. А. ПОЛЕВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

По выполняемым функциям ЭОР можно отнести как к традиционным учебным изданиям, так и к категории электронных изданий. При классификации ЭОР нужно принимать в расчет не только тип электронного ресурса, но и уровень образования, специфику аудитории и форму образовательного процесса, где будут использоваться ЭОР.

В основе классификации лежит признак, определяющий значение и место ЭОР в учебном процессе. При классификации по функциональному признаку электронными образовательными ресурсами являются учебные планы и учебные программы; методические указания; учебники, учебные пособия, тексты лекций, конспекты лекций; компьютерные практикумы, сборники упражнений, книги для чтения; тестирующие системы и базы данных тестов.

Учебный материал ЭОР должен принадлежать к одному предметному полю. Принимая этот факт во внимание при разработке ЭОР нужно учитывать системность обучения иностранному языку. Целесообразно использовать электронный образовательный ресурс в виде блоков учебного материала, который представляет собой фрагменты текста, графические иллюстрации, элементы гипермедиа, программы и т. д.

По своему методическому назначению ЭОР подразделяются на учебные электронные издания и научно-методические электронные издания. Учебные электронные издания включают электронные учебники и учебные пособия, тренинговые и контрольно-тестовые задания, программы по учебным дисциплинам, систему контроля знаний. ЭОР могут использоваться как основное обучающее средство, как дополнительное обучающее средство вместе с традиционными средствами обучения. ЭОР может быть либо полностью размещен в сети Интернет, либо на дисках CD, DVD. При необходимости можно использовать комбинированные ЭОР, т. е. сетевые и локальные. ЭОР могут также публиковаться в мобильном приложении.

Компьютерные системы контроля и измерения уровня знаний обучающихся нашли широкое применение ввиду относительной легкости их создания. Появляется возможность многократного и более частого контроля знаний, в том числе и самоконтроля, что стимулирует повторение и, соответственно, закрепление учебного материала, образовательный процесс становится более эффективным.

УДК 1

КОМПЛЕКС ФИЛОСОФСКИХ ДИСЦИПЛИН В СИСТЕМЕ
ПОДГОТОВКИ СОВРЕМЕННОГО ИНЖЕНЕРА

Д. М. ПОПЕЛЬШКО

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Процесс подготовки современного инженера представляет собой весьма сложную и достаточно противоречивую задачу. В первую очередь эта сложность обусловлена новым уровнем развития техники в настоящее время. Не меньше проблем вызвано тем затянувшимся переходным состоянием, в котором оказалось наше общество на рубеже XX–XXI вв. В рамках представленного материала хочется остановиться на вопросе о месте и роли научных дисциплин, относящихся к философскому комплексу в системе подготовки инженерно-технических специалистов.

Для начала следует выделить те предметы, которые относятся к данному комплексу. Таковыми являются курсы «Философия», «Логика», «Этика» (в том числе «Этика инженерной деятельности», «Этика делового общения» и т. д.), «Философия и методология науки», «Философия техники» и т. д. При этом в рамках компетентностного подхода, по мнению автора, все большее значение имеет не количество информации и охват проблем чисто научного характера, а вырабатываемые в ходе изучения студентами данных дисциплин умения и навыки, которые востребованы в их будущей профессиональной деятельности. Если условно классифицировать эти умения и навыки, то философия позволяет выработать не только способности к абстрактно-теоретическому мышлению и принципы работы с подобной информацией, но и критический подход к ее анализу, способности на научных основах интерпретировать информацию любого рода, и в первую очередь тестовую, умение систематизировать на наиболее общем уровне такую информацию и устанавливать разного рода структурные связи на основании единых закономерностей и т. д. Как верно отмечает И. П. Кавинова, «при изучении философии потребуется приобретение элементарных навыков работы с текстами первоисточников и должно возникнуть понимание сложности текстового анализа в исторической перспективе» [1, с. 100–103]. При этом наиболее важно именно самостоятельность мышления учащегося, момент рефлексивности в процессе обретения необходимых знаний, умений и навыков. Отсюда стоит задать вопрос об объеме и способе подачи материала. Условно курс философии можно разделить на две

составляющих: собственно философия и история философии. С точки зрения самого философского подхода, эти части равнозначны. С точки зрения непрофильного преподавания в рамках инженерной подготовки, полезнее ограничиться одной какой-либо частью с включением из второй только отдельных аспектов, необходимых для системности изучения дисциплины. Но самой главной проблемой является проблема временных параметров, введенных для изучения данной дисциплины. При изучении философии на первом курсе, особенно первом семестре, приходится сталкиваться с хорошо сформировавшимся подходом, выработанным учащимися на предыдущем уровне образования, а именно – стремлением просто изложить, «найти» готовый ответ, очень часто без нормального осмысления изложенного. И если в рамках преподавания естественно-научных дисциплин такой подход, так или иначе, компенсируется практической составляющей, то в рамках гуманитарных такая компенсация серьезно затруднена в силу их специфики. Стоит ли эффективно ли решать эту проблему за счет собственно философии? Зато курс другой дисциплины («Логика») такую задачу решает вполне успешно, позволяя выработать четкую структуру на уровне формально-логического подхода. Таким образом, можно представить последовательность преподавания комплекса философских дисциплин: «Логика» – «Философия» – «Этика» (в разных вариантах) для первого уровня образования. В этом варианте задача гуманитаризации технического обучения будет решаться наиболее эффективно. Между тем, «как уже отмечалось ранее, на смену классической и системотехнической инженерной деятельности приходит социотехническое проектирование, в котором сделан решительный поворот к человеку. А в силу этого современному инженеру гуманитарная культура, социально-гуманистически ориентированное мышление и социально-гуманитарное знание просто профессионально необходимы» [2, с. 40–45].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кавинова, И. П.** Особенности преподавания философии в техническом вузе, или нужна ли философия инженерам / И. П. Кавинова // Проблемы и перспективы преподавания социогуманитарных наук в технических вузах в современных условиях: материалы Всерос. науч.-метод. конф., Москва, 19–20 нояб. 2008 г. – Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – 350 с.

2. **Орешников, И. М.** Философия техники и инженерной деятельности: учебное пособие / И. М. Орешников. – Уфа: УГНТУ, 2008. – 109 с.

УДК 1

ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО
СПЕЦИАЛИСТА В ПРОЦЕССЕ ПЕРЕХОДА К НОВОМУ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ УКЛАДУ

Д. М. ПОПЕЛЬШКО

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Формирование нового, шестого по счету экономического уклада в современном мире не может не затрагивать проблему подготовки кадров и, в первую очередь, кадров инженерно-технических специалистов. В рамках данного материала невозможно описать весь комплекс, характерный для данной проблемы, поэтому остановимся на некоторых, имеющих достаточно важное значение. Для начала следует отметить возникшую на постсоветском пространстве проблемную ситуацию с самим процессом данного перехода. В наследство от СССР новым странам досталась достаточно развитая структура, соответствующая системе третьего-четвертого по счету технологического уклада. При этом прямо отказаться от элементов этой системы не представляется возможным в силу различного рода социальных, экономических и политических факторов, игнорирование которых чревато кризисной ситуацией в обществе. Соответственно, наиболее логичным видится путь поэтапной модернизации технологических систем четвертого уклада с постепенным их выводом на уровень пятого и, потенциально, шестого. Однако, помимо проблемы собственно технической возможности такого решения, возникает вопрос о необходимости подготовки специалистов инженерно-технического профиля сразу по двум принципиально отличающимся моделям. Здесь хотелось бы обратить внимание на историю становления инженерной профессии и те задачи, которые должны решать специалисты данного профиля. Изначально, в эпоху начала НТР – «века пара», инженер-«делатель» выполнял функции организации всего производственного цикла. В дальнейшем, в процессе все большего сближения научного и технического прогресса, инженеры стали выступать в роли младшего и среднего звена (впрочем, не только) в структуре научного развития, с одной стороны, с другой – в роли основной «страты» в процессе организации массового производства, особенно в ситуации острого недостатка квалифицированной рабочей силы. Отсюда требования владения основами фундаментальных наук, в т. ч. и на достаточно высоком теоретическом уровне, и требования к овладению различными методами и способами управленческой и педагогической деятельности. Но при переходе на пятый технологический уклад, особенно в условиях неполных технологическо-производственных циклов и международного разделения производства, с отлаживанием системы профессиональной подготовки,

инженер чаще начал выполнять задачи своеобразного посредника-«медиатора» между собственно производством и центрами, обеспечивающими создание рабочей силы и собственно научного, технического и технологического процессов. Проще говоря, если раньше инженер должен был обеспечить и поиск конкретного научно-технического решения проблемы, и обучение для конкретных условий подчиненных ему работников, то теперь все чаще возникает задача грамотного донесения «описания» возникших проблем того или иного характера до ведущих базовых исследований и подготовку структур, будь то частные или государственные субъекты. В условиях же поэтапной модернизации приходится сохранять оба варианта выполнения инженером своих обязанностей. Более того, резкое, как предполагает профессор Е. Н. Каблов, грядущее скачкообразное повышение наукоемкости и высокотехнологичности производства, может потребовать еще большего сближения инженера и ученого в системе инженерной деятельности, приоритетности нестандартности подходов к формулировке и осмыслению возникающих проблем. Так какую же модель для образования следует выбрать?

Еще одной стороной в подготовке современного специалиста становится проблема быстрого изменения номенклатуры востребованных профессий на рынке труда. В связи с растущим фрагментированием производственных процессов, «разделением» даже крупного производства на отдельные относительно мелкие подструктуры, можно спрогнозировать ситуацию все более целеориентированной системы подготовки кадров, целеориентированной на потребности достаточно небольших структур с максимальным повышением вариативности компетенций работников. Можно даже предположить о «восстановлении» советской модели «завод – институт», хотя, конечно, не в прямом смысле этого слова.

Третий комплекс проблем связан с готовностью выпускаемых специалистов к адаптации к реальным условиям осуществления своей деятельности. Представляется необходимым проведение целого комплекса исследований действительных потребностей работающего специалиста в тех или иных знаниях, умениях и навыках на разных этапах своего профессионального роста, что позволит конкретизировать преподавание в вузах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Каблов, Е. Н.** Шестой технологический уклад / Е. Н. Каблов // Наука и жизнь. – 2010. – № 4. – С. 34.

2. **Паршин, М. А.** Переход России к шестому технологическому укладу: возможности и риски [Электронный ресурс] / М. А. Паршин, Д. А. Круглов // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – № 5. – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues> . – Дата доступа: 03.05.2019.

УДК 374.7

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ВЗРОСЛЫХ

С. Б. САМАРЦЕВ, С. О. КАМИНСКАЯ, К. С. САМАРЦЕВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В последнее время в развитии дополнительного образования взрослых (ДОВ) проявились риск-ориентированные тенденции, серьезно ограничившие его роль в обеспечении кадрового потенциала республики (<http://bru.by/content/science/conferences/materialsconferences>).

Происходит подмена компетентностного обучения на репродуктивно-информационную трансляцию знаний в виде электронного перечня вопросов и ответов, в основе которых – минимальная стоимость программ повышения квалификации, а не новые компетенции в производстве, науке и технике, в связи с чем серьезный производитель перестает быть обладателем знаний об инновациях, разработчиках оборудования, стандартах и другой технической документации, в том числе в рамках Таможенного союза.

Организация и содержание образовательного процесса по большей части не учитывают требование относительно коротких сроков обучения, возможность максимального использования уже имеющегося профессионального и жизненного опыта, преимущества интерактивных методик, необходимый минимум формальных процедур контроля, высокую мотивацию обучающегося к учебе, не характерную для представителей других возрастных групп и т. д.

Принижен статус государственного диплома о переподготовке и присваиваемой квалификации в области бухгалтерского учета, в ДОВ невероятно сложно применить постановление Совета Министров Республики Беларусь от 14 июля 2017 г. № 530 по оплате труда педагогических работников за счет внебюджетных средств от приносящей доходы деятельности в достаточных размерах в связи с низкой платежеспособностью субъектов хозяйствования – заказчиков повышения квалификации и переподготовки и высочайшей конкуренцией учреждений образования.

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 24.01.2008 г. № 100 (в редакции постановления Совета Министров Республики Беларусь 21.10.2011 г. № 1418) почему-то определено, что структура отпусков педагогических кадров однотипных элементов образовательной сферы должна существенно отличаться. За более чем десятилетний период обществу не предъявлено каких-либо внятных аргументов, почему преподавателю, читающему дисциплины в структурных подразделениях университетов по основной работе и в ДОВ, предоставляется в одном случае трудовой отпуск 56 календарных дней, а в другом – 24 календарных дня?

Подобная избирательная «оптимизация» проигнорировала с таким

трудом наработанную практику подбора высококвалифицированных специалистов-преподавателей, во многом сломала сложившийся образовательный рынок регионов, не учитывает социально-экономические последствия для населения, и никак не способствует совершенствованию ДОВ.

Иллюстрацией происходящих событий являются показатели деятельности Института повышения квалификации и переподготовки кадров (ИПК) Белорусско-Российского университета за пятилетний период (табл. 1).

Табл. 1

Показатель деятельности ИПК	Год				
	2014	2015	2016	2017	2018
Количество слушателей, чел.	1994	1948	1782	1228	1362
Штатный состав, чел.	46	46	45	43	35
Количество почасовиков, чел.	164	164	186	165	157

Как следствие, недостаточны или ухудшаются финансовое состояние, материальная и научно-техническая базы образовательных учреждений, возможности повышения квалификации педагогического состава в ведущих зарубежных вузах и передовых образовательных учреждениях страны, минимизированы научные исследования по анализу потребностей к проекту и диалогу между наукой и практикой, передаче знаний в глобализованном мире и ответственности университетов перед нацией, управлению услугами повышения квалификации и переподготовки кадров, изучению взаимосвязи качества образовательных услуг и конкурентоспособности объекта образования, оценке функционирования системы в приложении к современным экономическим условиям и требованиям рынка труда и т. п.

Полагаем, что государству, признающему за университетами необходимость работы над повышением добротности образования, при условии, что оно отвечает основным стандартам качества, следует позволить свободно экспериментировать с определенными целями ДОВ и по своему выбору, но в системе ответственности Министерства образования.

Роль ДОВ в последние десятилетия резко возросла и для придания в обществе большего авторитета нужно официально признавать предыдущее обучение в рамках повышения квалификации и переподготовки как части новой квалификации. Во многих зарубежных университетах в ДОВ присваиваются кредиты, что при суммировании позволяет говорить о приобретении иного образования. В связи с этим стоит подумать над разработкой положения о кредитно-модульной (накопительной) системе ДОВ, которая определит цель, правила построения, порядок реализации образовательных программ, форм текущего и итогового контроля образовательных результатов, их кадрового обеспечения, взаимодействие администрации учреждений, слушателей и профессорско-преподавательского состава, а также условия выдачи новых документов об окончании образовательного процесса.

УДК 796.011.3:378

ПРОБЛЕМЫ ПРЕЕМСТВЕННОСТИ ВЕДЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ В ШКОЛЕ И УНИВЕРСИТЕТЕ

Д. Н. САМУЙЛОВ, Е. А. МАЛЫШЕВА, А. В. ЩУР

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В настоящее время наблюдаются определенные проблемы преемственности методологических подходов к проведению занятий по физической культуре в образовательных учреждениях, дающих среднее, среднее специальное и высшее образование. Не существует единого подхода к определению интенсивности физических нагрузок на обучающихся. В частности, нормативные требования для имеющих основную и подготовительную группы здоровья значительно различаются в школах и учреждениях высшего образования, что приводит к несопоставимости оценок физической подготовленности обучающихся. Следует отметить, что в большинстве образовательных учреждений, дающих среднее образование, не уделяется достаточного внимания занятиям физической культурой обучающимся, имеющим специальную медицинскую группу.

При поступлении в университет и подтверждении указанной группы здоровья, студенты не освобождаются от физических нагрузок на занятиях, кроме медицинских противопоказаний, указанных в справке о состоянии здоровья. Приходя на занятия по физической культуре и сдавая нормативы, студенты специальной медицинской группы демонстрируют низкий уровень физической подготовленности, низкую двигательную культуру и повышенную склонность к травматизму. Во многом это связано с отсутствием достаточной физической подготовки в период обучения в школе, так как зачастую лица, имеющие специальную медицинскую группу, в школе не участвуют в занятиях на уроках физической культуры.

С целью оптимизации нормативов, сдаваемых студентами, кафедра «Физвоспитание и спорт» Белорусско-Российского университета проводит мониторинг показателей физической подготовленности, тесты физиологического состояния организма и анкетирование обучающихся [1–5]. Следует отметить, что подобный подход позволяет постепенно улучшить качество физической подготовленности обучающихся и гармонизирует развитие их личности с учетом индивидуальных особенностей.

Считаем целесообразным рассмотреть возможность внедрения нашего опыта в методики проведения занятий физической культурой в образовательных учреждениях, дающих среднее, среднее специальное и высшее образование.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Самуйлов, Д. Н.** Сравнительная характеристика динамики физической подготовленности студентов основного отделения, поступивших в ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет» в 2006 г. / Д. Н. Самуйлов // Инновационные процессы в физическом воспитании студентов: сб. науч. ст. – Минск: БГУ, 2012. – Вып. 2. – С. 223–228.

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 : Универсум, 2017. – Т. 3. – С. 238–242.

3. Эффективность занятий физической культурой студентов с учетом уровня подготовленности / А. В. Щур, О. В. Гуменюк, Д. Н. Самуйлов, Е. А. Малышева // Неделя науки СПбПУ: материалы науч. конф. с междунар. участием. – Санкт-Петербург: Политехн. ун-т, 2017. – С. 8–10.

4. **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. – Минск: БГУ, 2018. – С. 77–80.

5. **Дорощенко, А. В.** Мониторинг результативности команды БРУ на республиканских универсиадах 2012–2013 годов в отдельных видах многоборья / А. В. Дорощенко, В. Ф. Писаренко // Вестн. Череповецкого гос. ун-та. – 2014. – № 3 (56). – С. 164–168.

УДК 796.011.3:796.056

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПОРТСМЕНОВ

Д. Н. САМУЙЛОВ, В. Ф. ПИСАРЕНКО, Н. А. ПЕРЕЦ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Современный спорт основан на биомеханике и биофизике спортсмена. В связи с этим становится очень актуальной проблема использования эргономически целесообразных технических средств в спорте.

Технические средства в спорте: устройства, комплексы, аппаратура, с помощью которых воздействуют на различные органы и системы организма, а также получают информацию о процессе и результатах физической деятельности. Они подразделяются на тренировочные устройства и тренажеры [1]. Указанные средства могут использоваться для занятий физической культурой, спортом и реабилитацией при травмах и заболеваниях, в оздоровительных целях.

Технические средства применяются в процессе физического воспитания в образовательных учреждениях, дающих среднее, среднее специальное и высшее образование, что способствует совершенствованию и разнообразию занятий, повышает организацию, содержательность и эмоциональность, улучшает физические качества занимающихся.

Тренеру и самому спортсмену необходима оперативная информация о количественных, временных, пространственных и динамических характеристиках различных элементов совершаемых движений. Указанная информация должна непосредственно обслуживать учебно-тренировочный процесс, стать его неотъемлемой, органической частью. На основе интерактивности информации о выполненном движении, о допущенных ошибках спортсмен может не на следующей тренировке, а уже в очередной попытке внести необходимую коррекцию.

Благодаря развитию интерактивных тренажеров, субъективная оценка техники выполнения упражнения тренером перестала доминировать в тренировочном процессе, что усилило роль творческого участия самого спортсмена. Они позволяют показывать спортсмену качество выполнения упражнения в реальном времени, и при необходимости просматривать видеозаписи тренировок и соревнований для корректировки ошибок техники выполнения [2–5].

На наш взгляд, важнейшее в физическом воспитании и спортивной тренировке – способность занимающихся самостоятельно приобретать спортивные знания, формировать и совершенствовать двигательные навыки и умения. В этом случае основной задачей преподавателя-тренера

становится выработка алгоритмов движений, организация и управление учебно-тренировочной деятельностью занимающихся.

Резюмируя, следует отметить, что в современных условиях тренеру и спортсмену необходима оперативная информация о количественных, временных, пространственных и динамических характеристиках различных элементов совершаемых движений. Получаемая информация позволит тактически усовершенствовать учебный и учебно-тренировочный процесс.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Юшкевич, Т. П.** Применение технических средств в обучении и тренировке спортсменов : методическое пособие / Т. П. Юшкевич, В. Е. Васюк, В. А. Буланов. – Минск : Полымя, 1987. – 240 с.

2. **Писаренко, В. Ф.** Тренировка спортсменов-многоборцев в условиях вуза : монография / В. Ф. Писаренко, Д. Н. Самуйлов, А. А. Минченко. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2017. – 201 с. : ил.

3. **Самуйлов, Д. Н.** Анализ ударных технических действий призеров республиканских соревнований по каратэ-до / Д. Н. Самуйлов // Веснік Магілеўскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А. А. Куляшова. Сер. С. Псіхалага-педагагічныя навукі (педагагіка, псіхалагія, методыка). – 2018. – № 2 (52). – С. 50–55.

4. Физиологическая оценка динамики физической подготовленности студентов Белорусско-Российского университета / Д. Н. Самуйлов, В. Ф. Писаренко, Е. А. Малышева, А. В. Щур // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2019. – № 5 (116). – С. 61–65.

5. **Дорощенко, А. В.** Совершенствование технического мастерства дзюдоистов высокого класса / А. В. Дорощенко // Мир спорта. – 2018. – № 2 (71). – С. 46–51.

УДК 378.147
ПРОДВИЖЕНИЕ ПРОГРАММ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ
В РАМКАХ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ВЗРОСЛЫХ

А. А. СТАЦЕНКО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Стремительно изменяющиеся процессы в условиях развивающейся экономики уже давно поставили свободное владение иностранным языком в ряд первостепенных компетенций специалиста, обеспечивающих ему конкурентное преимущество при приеме на работу. Изучение языка само по себе представляется не просто методом самообразования или увлечением, а методом заработка, ключевым преимуществом в резюме соискателя, рассчитывающего на перспективную вакансию в иностранной компании. Поэтому наличие языковых программ подготовки специалистов в любом вузе обусловлено насущными требованиями делового климата в стране.

Вечерняя подготовка слушателей по специальности 1-21 06 74 «Современный иностранный язык в сфере делового общения и межкультурных коммуникаций», получающих квалификацию «переводчик-референт», успешно и стабильно проводится в Институте повышения квалификации и переподготовки кадров при Белорусско-Российском университете уже в течение 30 лет. Причем наработана огромная база знаний в рамках дополнительного образования взрослых, ведутся программы международного обмена, проводится корпоративная подготовка специалистов крупных промышленных предприятий и компаний региона, получено признание нанимателей, высоко оценивающих лингвистическую компетенцию выпускников института.

Однако в последние годы наметилось серьезное уменьшение количества слушателей краткосрочных курсов иностранного языка в институте, что в первую очередь вызвано жесткой конкуренцией на рынке предоставления таких услуг в крупном областном городе. Хотя имеются все условия для наращивания или, по крайней мере, поддержания такой базы на определенном бизнес-уровне: штат опытных и квалифицированных преподавателей, формат работы в виде постоянно функционирующей академической школы. Имеется целевая аудитория, а именно [1]:

- школьники для саморазвития, поддержания школьной программы на надлежащем уровне или с целью поступить в вуз, в том числе зарубежный;
- студенты для расширения знаний и подготовки отличного резюме, в том числе студенты Белорусско-Российского университета;

- молодые люди, стремящиеся попасть на работу в зарубежную компанию;
- опытные работники, нацеленные на повышение квалификации;
- группа людей, которые просто хотят выучить язык, потому что считают его знание необходимым.

Имеются перспективы дальнейшего развития, а именно: построение онлайн-бизнеса, организация удаленных курсов, возможность выдачи слушателям сертификатов о прохождении ими обучения не только государственного образца, а сертификатов международных стандартов обучения языку TOEFL, IELTS, CAE, SAT (англ.), для чего необходимо получить право на соответствие специальным требованиям авторитетных международных организаций. По сути, Институт повышения квалификации и переподготовки кадров при Белорусско-Российском университете является полноценным образовательным центром, который должен оставаться флагманом, в том числе языковой подготовки специалистов.

Основной проблемой снижения набора видится не столько конкуренция, а недостаточно точный маркетинг и полное отсутствие стратегии продвижения учебного заведения на рынке языковых образовательных услуг. Стратегия должна быть тщательно спланирована и целенаправленно и планомерно осуществляться. Так как перечисленная выше потенциальная аудитория слушателей является активной частью пользователей интернета, то предпочтительнее именно комплексное продвижение образовательных услуг в сети Интернет. Это должен быть не просто собственный информирующий сайт, а площадка с собственным веб-блогом и настроенной контекстной рекламой, таргетированной на конкретный регион, город или даже район. На данном этапе необходимо обязательное вовлечение профессионального SMM-маркетолога, который обеспечит занятие и экспансию определенной ниши на местном рынке образовательных услуг.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бизнес-план курсов иностранного языка – осваиваем растущую нишу [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vg-group.pro/articles/stories/biznes-plan-kursov-inostrannogo-yazyka-osvaivaem-rastushchuyu-nishu/>. – Дата доступа: 24.02.2020.

УДК 811:316.472.4
РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
РЕСУРСОВ В ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ

Е. Н.ТИШКОВСКАЯ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

XXI век – век высоких компьютерных технологий. Прогрессивное развитие новых информационных технологий и внедрение их в современный образовательный процесс оказали существенное влияние не только на развитие личности обучаемого, но и изменили роль преподавателя. Преподаватель становится организатором и управленцем информационного потока, поэтому отличительной чертой успешности его работы является овладение современными передовыми методиками и новыми образовательными технологиями. Применение электронных образовательных ресурсов (ЭОР) преподавателем на занятиях иностранного языка поможет ему не только стимулировать студента к обучению, но и воспитать в нем личность, целью которой является саморазвитие.

Одним из перспективных направлений применения ИТ в образовательной сфере являются электронные образовательные ресурсы, которые представляют собой удобный способ доступа к внешним ресурсам, осуществляемый не только посредством сети Интернет, но и через справочный сервис, при этом обучающемуся не требуется никаких особых знаний о структуре или навыках управления передовыми технологиями.

Электронные образовательные ресурсы – это многофункциональная поисковая платформа, которая дает возможность мгновенного доступа к мировой научной, справочной и методической информации в электронном формате. Они являются одним из ключевых элементов при изучении иностранного языка и приобретают большую актуальность в сравнении с бумажными. Обучающийся при использовании электронных образовательных ресурсов имеет уникальную возможность получить доступ к аутентичным текстам, аудиозаписям, разнообразным тестам и интерактивным заданиям, при этом создавая естественную языковую среду. В состав электронного образовательного ресурса входят следующие составляющие: электронные версии современных и актуальных учебников, учебные пособия по различным дисциплинам, монографии, сборники научных трудов, энциклопедии, интерактивные тесты, обучающие мультимедиа, программные средства, информационные, технические, нормативные и методические материалы, электронные издания, аудио и видеоматериалы. Материалы, содержащие графические изображения и каталоги электронных библиотек находятся на электронных носителях или же, непосредственно, в самой сети Интернет.

Применение электронных образовательных ресурсов при обучении иностранному языку дополняет образовательные принципы новым содержанием теоретической и практической информации.

При выполнении различных по содержанию и сложности практических заданий аудиторной работы студенты осуществляют поиск необходимой языковой информации в сети Интернет. Это способствует стимуляции у обучаемых свободной деятельности, что является неотъемлемой частью при формировании у студентов принципа самостоятельности.

Внеаудиторная работа студентов предусматривает выполнение внеаудиторного задания по дисциплине «Немецкий язык», подготовку практическому занятию: проведение учебно-исследовательской работы, самостоятельное изучение темы и подготовка ее презентации; составление доклада на немецком языке; ведение электронной переписки; общение в чате, а также самостоятельные задания, имеющие творческий характер.

Глобальная сеть Интернет дает возможность создать условия для получения любой информации при обучении иностранному языку. В процессе обучения иностранному языку интернет-ресурсы используются:

- для включения материалов сети в содержание занятия, то есть внедрение полученной информации в программу обучения;
- для самостоятельного поиска информации студентами в целях разработки проекта;
- для самостоятельного изучения иностранного языка, чтобы не допустить возможности возникновения пробелов в знаниях, умениях, навыках;
- для обмена учебной и справочной информацией.

Таким образом, электронные образовательные ресурсы являются незаменимой составляющей информационно-познавательной среды. Внедрение ЭОР при изучении иностранного языка способствует развитию творческого потенциала обучающихся, приводит к деловому и плодотворному сотрудничеству преподавателя со студентами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Рубанов, А. В.** Студент и интернет: использование электронных технологий в учебном процессе [Электронный ресурс] / А. В. Рубанов. – Режим доступа: <http://eHb.bsu.by/bitstream/123456789/n5074/1/C%20n%20>.
2. **Ратнер, Ф. Л.** Разработка электронных образовательных ресурсов: зарубежный опыт: учеб.-метод. пособие по направлению «Электронные образовательные ресурсы» / Ф. Л. Ратнер. – Казань: КГУ, 2008. – 106 с.
3. **Захарова, И. Г.** Информационные технологии в образовании: учебное пособие / И. Г. Захарова. – Москва: Академия, 2003. – С. 127–134.
4. **Есенина, Н. Е.** Обзор электронных образовательных и информационных ресурсов для обучения иностранному языку / Н. Е. Есенина // Информатика и образование. – 2006. – № 12. – С. 103–105.

УДК 378.14:81
КАМП'ЮТАРНАЕ ТЭСЦПРАВАННЕ НАВУЧЭНЦАЎ УНІВЕРСІТЭТА
Ў ПРАКТЫЦЫ ВЫКЛАДАННЯ БЕЛАРУСКАЙ МОВЫ

А. В. ШАРАПАВА
Беларуска-Расійскі ўніверсітэт
Магілёў, Беларусь

На сучасным этапе развіцця грамадства асабліваю актуальнасць набывае педагагічная дзейнасць, скіраваная на фарміраванне высокапрафесійнай маладой асобы. Пра гэта гаварыў і Прэзідэнт Рэспублікі Беларусь А.Р. Лукашэнка ў сваім штогадовым Пасланні беларускаму народу і Нацыянальнаму сходу ад 19 красавіка 2019 года: «Сёння сусветнае развіццё вызначаецца прарыўнымі тэхналогіямі, новымі галінамі, якія ствараюць эканоміку ведаў. Нам патрэбны прафесіяналы, што валодаюць падобнымі кампетэнцыямі». Разам з тым, кіраўнік дзяржавы звярнуў увагу на важнасць валодання абедзвюма дзяржаўнымі мовамі: «Калі хтосьці хоча згубіць розум, ён згубіць рускую мову! Калі ён хоча згубіць сваё сэрца, ён згубіць беларускую мову. Што вы хочаце згубіць – розум або сэрца?» [1]. Асабліваю актуальнасць ва ўстановах вышэйшай адукацыі тэхніка-тэхналагічнага профілю набывае выкарыстанне інфармацыйна-камунікацыйных тэхналогій пры вывучэнні дысцыпліны «Беларуская мова (прафесійная лексіка)», што спрыяе вырашэнню пастаўленых перад адукацыйнай сістэмай задач.

У адпаведнасці з Канцэпцыяй інфарматызацыі адукацыі Рэспублікі Беларусь на перыяд да 2020 года, зацверджанай у 2013 годзе [2], любы навучэнец павінен мець доступ да электронных адукацыйных рэсурсаў і паслуг як ва ўстановах адукацыі, так і дома. Падобнае магчыма рэалізаваць у фармаце віртуальнай адукацыйнай прасторы з дапамогай найбольш распаўсюджанага ў беларускіх установах вышэйшай адукацыі праграмагнага прадукта LMS Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment). Анлайн-рэсурс на платформе Moodle уяўляе сабой комплекс метадычных рэкамендацый і практычных заданняў, ён актыўна выкарыстоўваецца ў нашай практыцы выкладання вучэбнай дысцыпліны. Ён складаецца з 17 тэм, да кожнай прапануюцца заданні навучальнага і кантралюючага характару. Доступ да інфармацыі магчымы праз камп'ютар, планшэт, смартфон, што падключаны да сеткі інтэрнэт. Матэрыялы размешчаны ў сістэме дыстанцыйнага навучання на афіцыйным сайце Беларуска-Расійскага ўніверсітэта (<http://www.bru.by/>). Студэнту надаецца ўласны логін і пароль, з дапамогай якіх ён можа ўвайсці ў сістэму як з уласнага смартфона дома ці ў вучэбнай аўдыторыі, так і непасрэдна ў Цэнтры дыстанцыйнага навучання, камп'ютарных класах ці бібліятэчных залах універсітэта.

Для сістэмы адукацыі актуальным становіцца лозунг «Сучасны навучэнец – мабільны навучэнец!» [2]. Адным з эфектыўных інструментаў мабільнасці з’яўляецца камп’ютарнае тэсціраванне, якое дае магчымасць не толькі праверыць і ацаніць веды, але і вызначыць праблемы ў засваенні і практычнай рэалізацыі пэўнага матэрыялу [3]. Падобнае можна рэалізаваць на занятках, у часе прамежкавага кантролю, бягучай атэстацыі. Навучэнцам прапануюцца тэсты, якія складаюцца з пытання і чатырох магчымых варыянтаў адказу на іх, толькі адзін з адказаў правільны. Кожнаму з раздзелаў тэмы адпавядае розная колькасць пытанняў – ад 1 да 5. Зразумела, што большасць з іх адносіцца да практыкаарыентаваных тэм – марфалогіі і сінтаксісу. Максімум пытанняў у тэсце – 30. Сістэма Moodle дае магчымасць выбраць дату доступу да тэста, колькасць часу, неабходнага на яго правядзенне (у нашай практыцы на вырашэнне 1 пытання даецца 1 мінута), метады ацэньвання. За работу ацэнку выстаўляе праграма, што, па-першае, пазбаўляе ад усялякага суб’ектывізму, па-другое, дае магчымасць падлічыць колькасць правільных адказаў у балах або працэнтах. Важна, што навучэнец мае магчымасць праверыць сябе, бо пасля завяршэння тэста указваюцца правільныя і няправільныя адказы.

Такім чынам, камп’ютарнае тэсціраванне ў межах платформы Moodle з’яўляецца адным з элементаў інфарматызацыі і віртуалізацыі навучальнага працэсу, што з’яўляецца адным з прыярытэтных напрамкаў мадэрнізацыі вышэйшай прафесійнай адукацыі ва ўмовах інавацыйнага развіцця Рэспублікі Беларусь.

СПІС ВЫКАРЫСТАНАЙ ЛІТАРАТУРЫ

1. Концепция информатизации системы образования Республики Беларусь на период до 2020 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://edu.gov.by/statistics/informatizatsiya-obrazovaniya/>. – Дата доступа: 10.02.2020.

2. Послание Президента Республики Беларусь А. Г. Лукашенко белорусскому народу и Национальному собранию Республики Беларусь 19 апреля 2019 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://president.gov.by/ru/news_ru/view/poslanie-belorusskomu-narodu-i-natsionalnomu-sobraniju-20903/. – Дата доступа: 02.02.2020.

3. **Шарапава, А. В.** Асаблівасці выкарыстання тэставых заданняў у працэсе вывучэння дысцыпліны «Беларуская мова. Прафесійная лексіка» / А. В. Шарапава, Г. В. Сагіева // Образование, наука и производство в XXI веке : современные тенденции развития : материалы юбилейной Международ. конф. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2016. – С. 52–53.

УДК 378.001.76

НЕКОТОРЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АУДИТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ В ВУЗЕ

Э. И. ЯСЮКОВИЧ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Эффективность образования в вузе определяется такими развивающимися на основе системного подхода факторами, как: квалификация преподавательского состава; методическое обеспечение учебных дисциплин; мотивация к освоению образовательных программ и преподаваемых дисциплин; качество процесса обучения; востребованность выпускников на рынке труда.

При этом необходимо уделять внимание не только формальной стороне образовательного процесса, требующей соответствия учебных программ государственным образовательным стандартам, но и методике работы преподавателей при проведении ими аудиторных занятий [1]. При этом важным аспектом является использование современных инновационных технологий, таких как коллективная, информационно-коммуникационная и дистанционная системы обучения, решение исследовательских задач, блочно-модульное обучение, игровые методы и др.

В инновационной образовательной технологии можно выделить три составляющие, к которым относят: современное хорошо структурированное содержание в виде мультимедийных учебных материалов; активные методы формирования компетенций, основанные на взаимодействии студентов и вовлечении их в учебный процесс; современная инфраструктура обучения, включающая информационную, технологическую, организационную и коммуникационную составляющие.

Для использования перечисленных инновационных технологий в образовании необходимо наличие и использование электронных учебных материалов.

В современном информационном обществе работа с информацией, умение самостоятельно добывать знания и повышать свою квалификацию являются показателем профессионализма. Поэтому подготовка конкурентоспособного специалиста требует использования в образовательном процессе инновационных образовательных технологий. При этом учебные материалы, использующие новые информационно-коммуникационные технологии, должны разрабатываться с учетом условий их использования, определяющихся уровнем подготовки студентов и квалификацией преподавателей.

В настоящее время при проведении лекций используются различные формы их проведения: лекции-визуализации, лекции-диалоги, лекции-пресс-конференции, а также проблемные и информационные.

В современных условиях при чтении лекций широко используются мультимедиа проекторы. При этом лекции могут содержать [2]:

- презентацию, в виде текстового документа и необходимых графических элементов. При этом для повышения эффективности восприятия информации студентами-визуалами, -кинестетиками и -дискретками презентации должны содержать полный текст лекции со всеми иллюстрациями и схемами;

- видеофильмы, являющиеся хорошим способом проведения лекции;
- интерактивные фрагменты, создаваемые с помощью html, CSS и JavaScript, которые позволяют студентам активно включаться в процесс проведения лекции;
- компьютерные программы, проигрывающие аудио – и аудио-видеофайлы;
- настольные видеоконференции, широко используемые в сфере бизнеса и завоевывающие свои позиции в области образования. В настольной видеоконференции каждый студент может слышать и видеть работающего с ним преподавателя, находящегося в другом городе. При этом, студенты могут взаимодействовать друг с другом и с преподавателем [3].

Использование интерактивных фрагментов на лекции позволяет повысить эффективность учебного процесса, предполагает лучшее закрепление теоретических знаний и выработку способности к коллективным решениям [4].

Инновационной формой аудиторных занятий является также групповая технология, представляющая собой работу в микрогруппах постоянного и сменного состава. Данная форма позволяет организовать обучение в коллективе, которое особенно эффективно, если преподавателем организован процесс распределения учебных заданий и продумана технология обсуждения их в студенческом коллективе. При этом процесс обсуждения учебных заданий, проблем и научных фактов воспринимается студентами так, как будто бы взрослые советуются с ними, спрашивают об отношении их к происходящему и прислушиваются к их мнению. Такая ситуация помогает студентам целенаправленно осуществлять процесс познания и чувствовать себя более уверенно.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Использование инновационных интерактивных методов обучения при проведении лекционных и семинарских занятий / С. В. Базилевич [и др.] // Наука Красноярья. – 2012. – № 4. – С. 103–111.

2. **Асеев, В. Г.** Возрастная психология: учебное пособие / В. Г. Асеев. – Иркутск: ИГПИ, 2001. – 289 с.

3. **Амонашвили, Ш. А.** Размышление о гуманной педагогике / Ш. А. Амонашвили. – Минск: Современное слово, 2006. – 245 с.

4. **Бережнова, Е. В.** Основы учебно-исследовательской деятельности студентов: учебник / Е. В. Бережнова. – Москва: Просвещение, 2006. – 201 с.

5. **Эрганова, Н. Е.** Методика профессионального обучения: учебное пособие / Н. Е. Эрганова. – Москва: Академия, 2007. – 160 с.

УДК 517.927.6
 К РЕШЕНИЮ МНОГОТОЧЕЧНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ
 ДЛЯ МАТРИЧНОГО УРАВНЕНИЯ ЛЯПУНОВА С ПАРАМЕТРОМ

А. Н. БОНДАРЕВ
 Белорусско-Российский университет
 Могилев, Беларусь

Исследуется краевая задача

$$\frac{dX}{dt} = \lambda A(t)X + X(B_1(t) + \lambda B_2(t)) + \lambda F(t), \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^k M_i X(t_i, \lambda) = 0, \quad (2)$$

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 работе [1] в случае, когда свободный член не содержит параметра λ , с помощью конструктивного метода [2] получены коэффициентные достаточные условия однозначной разрешимости задачи (1), (2), итерационный алгоритм построения решения, а также оценка его области локализации.

В данной работе, являющейся продолжением и развитием [1], аналогичные результаты получены для задачи (1), (2).

Примем следующие обозначения [1]:

$$\begin{aligned} \gamma &= \|\Phi^{-1}\|, \quad m_i = \|M_i\|, \quad \alpha = \max_t \|A(t)\|, \quad \beta_2 = \max_t \|B_2(t)\|, \quad h = \max_t \|F(t)\|, \\ \mu_1 &= \max_t \|V(t)\|, \quad \mu_2 = \max_t \|V^{-1}(t)\|, \quad v_i = \|V_i\|, \quad \|X\|_C = \max_t \|X(t, \lambda)\|, \\ \varepsilon &= |\lambda|, \quad q = \gamma \mu_1 \mu_2 (\alpha + \beta_2) \omega \sum_{i=1}^k m_i v_i, \quad N = \gamma \mu_1 \mu_2 \omega h \varepsilon \sum_{i=1}^k m_i v_i, \end{aligned}$$

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 $dV/dt = VB_1(t)$.

Теорема. Пусть оператор Φ однозначно обратим. Тогда при $|\lambda| < 1/q$ решение $X = X(t, \lambda)$ задачи (1), (2) существует и единственно. Оно представимо как предел равномерно сходящейся последовательности матричных функций, определяемых рекуррентным интегральным соотношением и удовлетворяющих краевому условию (2), при этом справедлива оценка

$$\|X\|_C \leq N/(1 - \varepsilon q). \quad (3)$$

С помощью методики, используемой в [1], задача (1), (2) сведена к эквивалентной интегральной задаче

$$X(t, \lambda) = \lambda \left(\Phi^{-1} \left\{ \sum_{i=1}^k M_i \int_{t_i}^t [(A(\tau) X(\tau, \lambda) + X(\tau, \lambda) B_2(\tau)) + F(\tau)] V^{-1}(\tau) d\tau V_i \right\} \right) V(t), \quad (4)$$

разрешимость которой исследуется на основе принципа сжимающих отображений (см., например, [5, с. 605]).

Для построения решения разработан алгоритм

$$X_p(t, \lambda) = \lambda \left(\Phi^{-1} \left\{ \sum_{i=1}^k M_i \int_{t_i}^t [(A(\tau) X_{p-1}(\tau, \lambda) + X_{p-1}(\tau, \lambda) B_2(\tau)) + F(\tau)] V^{-1}(\tau) d\tau V_i \right\} \right) V(t), \quad p = 1, 2, \dots,$$

где в качестве начального приближения принята произвольная матрица $X_0(t) \in \mathbb{C}[0, \omega]$.

Доказана равномерная по $t \in I$ сходимость последовательности $\{X_r(t, \lambda)\}_0^\infty$ к решению интегральной задачи (4), 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 (3).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Bondarev, A. N.** Multipoint Boundary Value Problem for the Lyapunov Equation in the Case of Weak Degeneration of the Boundary Conditions / A. N. Bondarev, V. N. Laptinskii // *Differential Equations*. – 2019. – Vol. 55, № 3. – P. 423–427.

2. **Лаптинский, В. Н.** Конструктивный анализ управляемых колебательных систем / В. Н. Лаптинский. – Минск : Ин-т математики НАН Беларуси, 1998. – 300 с.

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. **Канторович, Л. В.** Функциональный анализ / Л. В. Канторович, Г. П. Акилов. – Москва : Наука, 1977. – 744 с.

УДК 519.85

НЕКОТОРЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ В ТЕОРИИ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ

А. М. БУТОМА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Задачи теории ценообразования достаточно разнообразны. И решение их базируется на различных методах математического программирования, численного анализа и статистического моделирования.

Рассмотрим одну из таких задач: пусть имеется n химических предприятий, выпускающих азотные удобрения m различных видов, отличающихся друг от друга процентным содержанием p чистого вещества в готовом удобрении. Известны также объемы производства удобрения каждого вида, затраты на производство удобрений на каждом предприятии в отдельности и общие затраты на производство в целом.

Требуется определить себестоимость производства различных видов азотных удобрений с учетом следующих условий:

– суммарные расчетные затраты на производство указанной продукции в целом по всем предприятиям должны быть равны суммарным фактическим затратам;

– расчетные затраты для каждого предприятия в отдельности должны быть максимально приближены к фактическим.

Основой нахождения оптимального решения задачи служит классический метод решения задач математического программирования – метод множителей Лагранжа.

Для решения указанной задачи сформулируем следующее положение: себестоимость производства 1 т азотного удобрения является линейной функцией процентного содержания в нем чистого вещества и одинакова для всех химических предприятий, то есть

$$\varphi(p) = x_1 + x_2 \cdot p. \quad (1)$$

Введем следующие обозначения:

a_{ij} – объем производства азотного удобрения i -го вида на j -м предприятии ($i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$);

c_j – фактические затраты на производство всех видов удобрений на j -м предприятии ($j = \overline{1, n}$).

Себестоимость производства 1 т i -го вида азотного удобрения в соответствии с формулой (1) равна:

$$\varphi(p_i) = x_1 + x_2 \cdot p_i \quad (i = \overline{1, m}).$$

Таким образом, необходимо найти неизвестные коэффициенты x_1 и x_2 функций $\varphi(p_i)$ ($i = \overline{1, m}$).

Математическая модель данной задачи имеет вид:

$$\sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m \varphi(p_i) a_{ij} - c_j \right)^2 \rightarrow \min,$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \varphi(p_i) a_{ij} = \sum_{j=1}^n c_j,$$

или иначе:

$$\sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m (x_1 + x_2 \cdot p_i) a_{ij} - c_j \right)^2 \rightarrow \min, \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (x_1 + x_2 \cdot p_i) a_{ij} = \sum_{j=1}^n c_j, \quad (3)$$

причем $x_2 > 0$ – условие допустимости решения указанной задачи.

Составим функцию Лагранжа, используя целевую функцию (2) и уравнение связи (3):

$$L(x_1, x_2, \lambda) = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m (x_1 + x_2 p_i) a_{ij} - c_j \right)^2 + \lambda \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m (x_1 + x_2 p_i) a_{ij} - c_j \right).$$

Вычисляя частные производные функции Лагранжа по переменным x_1, x_2 и вспомогательному множителю λ , получим систему вида:

$$\begin{cases} \frac{dL}{dx_1} = 0; \\ \frac{dL}{dx_2} = 0; \\ \frac{dL}{d\lambda} = 0. \end{cases}$$

В развернутом виде для данной задачи имеем систему трех линейных уравнений, решая которую, определим значения переменных x_1, x_2 и вспомогательного множителя λ :

$$\begin{cases} 2 \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m a_{ij} \right)^2 x_1 + 2 \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m (p_i a_{ij}) \sum_{i=1}^m a_{ij} \right) x_2 = 2 \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m a_{ij} c_j - \left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} \right) \lambda; \\ 2 \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m (p_i a_{ij}) \sum_{i=1}^m a_{ij} \right) x_1 + 2 \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m p_i a_{ij} \right)^2 x_2 = 2 \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m p_i a_{ij} c_j - \left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p_i a_{ij} \right) \lambda; \\ \left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} \right) x_1 + \left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p_i a_{ij} \right) x_2 = \sum_{j=1}^n c_j. \end{cases}$$

Рассмотренный метод дает возможность определить фактическую экономическую выгоду производства каждого вида продукции на основе ее реальной себестоимости и действующих цен.

УДК 517.977.57

О РЕШЕНИЯХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ПОДПРОСТРАНСТВАХ ГИЛЬБЕРТОВА ПРОСТРАНСТВА

В. Г. ЗАМУРАЕВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Рассмотрим вещественное сепарабельное гильбертово пространство F со скалярным произведением $[u, v]$ и пусть G – замкнутое подпространство пространства F .

Пусть $a(u, v)$ – билинейная непрерывная коэрцитивная форма на пространстве F , $a \in B(F^2, \mathbb{R})$, $l(v)$ – линейный непрерывный функционал, $l \in F^*$. Рассмотрим следующие уравнения:

$$u \in F, a(u, v) = l(v) \quad \forall v \in F, \quad (1)$$

$$u \in G, a(u, v) = l(v) \quad \forall v \in G. \quad (2)$$

При выполнении приведенных выше условий уравнения (1) и (2) имеют единственные решения, которые обозначим через u_0 и $u_0(G)$ соответственно.

Пусть A и $A(G)$ – линейные непрерывные операторы в пространстве F , определяемые следующими соотношениями:

$$[Au, v] \equiv a(u, v) \text{ на } F, \quad [A(G)u, v] \equiv a(u, v) \text{ на } G.$$

Пусть ещё P – оператор ортогонального проектирования пространства F на подпространство G ; $A^{-1}(G)$ – оператор, обратный оператору $A(G)$.

Теорема. При выполнении всех приведенных выше условий решения уравнений (1) и (2) связаны между собой следующим соотношением:

$$u_0(G) = A^{-1}(G)PAu_0.$$

Рассматриваемая здесь задача возникает при изучении общей задачи оптимизации с линейными функциональными уравнениями состояний в подпространствах фиксированного пространства. Частный случай данной задачи при $a(u, v) = [u, v]$ был рассмотрен в работе автора [1].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Замураев, В. Г.** Существование оптимальных пространств для линейных функциональных уравнений / В. Г. Замураев // Дифференц. уравнения. – 2002. – Т. 38, № 7. – С. 982–985.

УДК 517.925
 ЗАДАЧА ВАЛЛЕ-ПУССЕНА ДЛЯ ЛИНЕЙНОГО МАТРИЧНОГО
 УРАВНЕНИЯ ЛЯПУНОВА ВТОРОГО ПОРЯДКА С ПАРАМЕТРОМ

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

Рассматривается краевая задача типа [1]

$$\ddot{\mathbf{X}} = \lambda (\mathbf{A}_1(t)\mathbf{X} + \mathbf{X}\mathbf{B}_1(t)) + \lambda (\mathbf{A}_2(t)\dot{\mathbf{X}} + \dot{\mathbf{X}}\mathbf{B}_2(t)) + \mathbf{F}_0(t) + \lambda \mathbf{F}_1(t) + \lambda^2 \mathbf{F}_2(t), \quad (1)$$

$$\mathbf{X}(0, \lambda) = \mathbf{M}, \quad \mathbf{X}(\omega, \lambda) = \mathbf{N}, \quad \mathbf{X} \in \mathbb{R}^{n \times m}, \quad (2)$$

где $\mathbf{A}_i(t), \mathbf{B}_i(t)$ ($i = 1, 2$) – матрицы класса $\mathbb{C}[0, \omega]$ соответствующих размерностей, $\mathbf{F}_k(t) \in (\mathbb{C}[0, \omega], \mathbb{R}^{n \times m})$ ($k = 0, 1, 2$); \mathbf{M}, \mathbf{N} – заданные вещественные матрицы, $\omega > 0, \lambda \in \mathbb{R}$.

В данной работе, являющейся продолжением и развитием [1–3], на основе применения метода [4, гл. 2] получены: коэффициентное достаточное условие однозначной разрешимости задачи (1), (2), оценки области локализации решения и его производной, а также алгоритм построения решения.

Обозначения:

$$\alpha_i = \max_{0 \leq t \leq \omega} \|\mathbf{A}_i(t)\|, \quad \beta_i = \max_{0 \leq t \leq \omega} \|\mathbf{B}_i(t)\|, \quad h_k = \max_{0 \leq t \leq \omega} \|\mathbf{F}_k(t)\|, \quad \varepsilon = |\lambda|,$$

$$q = \frac{\omega}{2} [(\alpha_1 + \beta_1)\omega + \alpha_2 + \beta_2],$$

$$K = \frac{1}{\omega} \|\mathbf{M} - \mathbf{N}\| + \frac{\omega(h_0 + \varepsilon h_1 + \varepsilon^2 h_2)}{2} + \frac{\varepsilon \omega}{2} (\alpha_1 + \beta_1) \|\mathbf{M}\|.$$

Теорема. Пусть выполнено условие $\varepsilon q < 1$. Тогда задача (1), (2) однозначно разрешима, при этом справедливы оценки

$$\|\mathbf{X}(t, \lambda)\| \leq \|\mathbf{M}\| + \frac{K\omega}{1 - \varepsilon q}, \quad \|\dot{\mathbf{X}}(t, \lambda)\| \leq \frac{K}{1 - \varepsilon q}.$$

Исследование разрешимости задачи (1), (2) выполнено применительно к эквивалентной интегральной задаче

$$\mathbf{X}(t, \lambda) = \mathbf{M} + \int_0^t \mathbf{Y}(\tau, \lambda) d\tau,$$

$$\mathbf{Y}(t, \lambda) = \frac{1}{\omega}(\mathbf{N} - \mathbf{M}) + \frac{1}{\omega} \int_0^{\omega} \left(\int_{\tau}^t \mathbf{H}(s, \lambda) ds \right) d\tau,$$

где $\mathbf{H}(t, \lambda) = \lambda(\mathbf{A}_1(t)\mathbf{X} + \mathbf{X}\mathbf{B}_1(t)) + \lambda(\mathbf{A}_2(t)\mathbf{Y} + \mathbf{Y}\mathbf{B}_2(t)) + \mathbf{F}_0(t) + \lambda\mathbf{F}_1(t) + \lambda^2\mathbf{F}_2(t)$.

Для построения решения этой задачи используется метод малого параметра Ляпунова – Пуанкаре, согласно которому матрицы $\mathbf{X}(t, \lambda)$, $\mathbf{Y}(t, \lambda)$ разыскиваются в виде

$$\mathbf{X}(t, \lambda) = \mathbf{X}_0(t) + \lambda\mathbf{X}_1(t) + \dots + \lambda^k\mathbf{X}_k(t) + \dots, \quad (3)$$

$$\mathbf{Y}(t, \lambda) = \mathbf{Y}_0(t) + \lambda\mathbf{Y}_1(t) + \dots + \lambda^k\mathbf{Y}_k(t) + \dots, \quad (4)$$

где

$$\mathbf{X}_0(t) = \mathbf{M} + \frac{t}{\omega}(\mathbf{N} - \mathbf{M}) + \frac{1}{\omega} \int_0^t \left(\int_0^{\omega} \left(\int_{\tau}^{\varphi} \mathbf{H}_0(s) ds \right) d\tau \right) d\varphi,$$

$$\mathbf{Y}_0(t) = \frac{1}{\omega}(\mathbf{N} - \mathbf{M}) + \frac{1}{\omega} \int_0^{\omega} \left(\int_{\tau}^t \mathbf{H}_0(s) ds \right) d\tau,$$

$$\mathbf{X}_{m+1}(t) = \frac{1}{\omega} \int_0^t \left(\int_0^{\omega} \left(\int_{\tau}^{\varphi} \mathbf{H}_m(s) ds \right) d\tau \right) d\varphi,$$

$$\mathbf{Y}_{m+1}(t) = \frac{1}{\omega} \int_0^{\omega} \left(\int_{\tau}^t \mathbf{H}_m(s) ds \right) d\tau, \quad m = 0, 1, 2, \dots,$$

$$H_0 = F_0, H_1 = A_1 X_0 + X_0 B_1 + A_2 X_0 + Y_0 B_2 + F_1, H_2 = A_1 X_1 + X_1 B_1 + A_2 Y_1 + Y_1 B_2 + F_2.$$

Установлено, что при $|\lambda| < 1/q$ ряды (3), (4) сходятся равномерно по $t \in [0, \omega]$ к решению интегральной задачи.

Для иллюстрации применения полученных результатов рассмотрена матричная модельная задача

$$\frac{d^2 \mathbf{X}(t)}{dt^2} = \lambda \mathbf{A}_1(t) \mathbf{X}(t) + \lambda \mathbf{X}(t) \mathbf{B}_1(t) + \mathbf{F}(t),$$

$$\mathbf{M} = \mathbf{X}(0) = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{N} = \mathbf{X}(\omega) = \begin{pmatrix} \omega & 0 \\ 1 & 1 - \omega \end{pmatrix}.$$

Здесь

$$\mathbf{A}_1 = \mathbf{B}_1 = \begin{pmatrix} 0 & t \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{A}_2 = \mathbf{B}_2 = 0, \quad \mathbf{F} = -\begin{pmatrix} t & t \\ 1 & t \end{pmatrix}, \quad \omega = 0, 1, \quad \lambda = 1.$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кашпар, А. И.** О разрешимости и построении решения задачи Валле-Пуссена для матричного уравнения Ляпунова второго порядка с параметром / А. И. Кашпар, В. Н. Лаптинский // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. фіз.-мат. навук. – 2019. – Т. 55, № 1. – С. 50–61.

2. **Кашпар, А. И.** О построении решения краевой задачи Валле-Пуссена для линейного матричного уравнения Ляпунова второго порядка / А. И. Кашпар // Веснік МДУ імя А. А. Куляшова. Сер. В. Прыродазнаўчыя навукі (матэматыка, фізіка, біялогія). – 2018. – № 2. – С. 45–54.

3. **Кашпар, А. И.** О задаче Валле-Пуссена для матричного уравнения Ляпунова второго порядка / А. И. Кашпар // Еругинские чтения – 2013: тез. докл. XV Междунар. науч. конф. по дифференциальным уравнениям, Гродно, 13–16 мая 2013 г. – Минск: Ин-т математики НАН Беларуси, 2013. – Ч. 1. – С. 57.

4. **Лаптинский, В. Н.** Конструктивный анализ управляемых колебательных систем / В. Н. Лаптинский. – Минск: Ин-т математики НАН Беларуси, 1998.

УДК 533.6
 ЗАМКНУТОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПРАНДТЛЯ
 О ДИНАМИЧЕСКОМ ТУРБУЛЕНТНОМ ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ

В. Н. ЛАПТИНСКИЙ
 Белорусско-Российский университет
 Могилев, Беларусь

Рассматривается задача

$$u_x \frac{\partial u_x}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_x}{\partial y} = U \frac{dU}{dx} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau}{\partial y}, \quad \frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} = 0, \quad (1)$$

$$u_x|_{y=0} = 0, \quad u_y|_{y=0} = 0; \quad u_x|_{y=\delta(x)} = U(x). \quad (2)$$

Соотношения (1), (2) представляют собой задачу Прандтля о динамическом турбулентном пограничном слое конечной толщины $\delta(x)$ в случае стационарного плоского несжимаемого течения жидкости (см., например, [1, с. 127, 194], [2, с. 331]). Искомыми величинами являются функции $\delta(x)$ и $\tau_0(x)$ – касательное напряжение. Здесь используются обозначения, принятые в [2].

В работе [3] по методике [4] получены аналитические соотношения незамкнутого типа для нахождения функций $\delta(x)$, $\tau_0(x)$. В данной работе эти соотношения представлены в следующем виде:

$$\delta^2(x) = J \int_0^x \left(\frac{U(\tau)}{U(x)} \right)^k \delta(\tau) d\tau + \frac{2\nu}{\varphi} \int_0^x \frac{U^{k-1}(\tau)}{U^k(x)} d\tau, \quad (3)$$

$$\tau_0(x) = \left(1 + \frac{\psi}{\varphi} \right) \frac{\mu U}{\delta} + \left(a - \frac{b\psi}{\varphi} \right) \rho U U' \delta + \frac{1}{2} (\varphi + \psi) \rho U^2 J, \quad (4)$$

где

$$J = \frac{\int_0^L U^k(x) \delta^2(x) dx - \frac{2\nu}{\varphi} \int_0^L (L-x) U^{k-1}(x) dx}{\int_0^L (L-x) U^k(x) \delta(x) dx}.$$

Необходимые обозначения величин, используемых в (3), (4), приведены в [3]; здесь L – длина пластины.

На основе полного напряжения трения $\tau = \tau(x, y)$ введем сопротивление трения пластины по формуле

$$W(x, y) = b \int_0^x \tau(s, y) ds,$$

где $0 < x \leq L$; b – ширина пластины.

Величина

$$K(x, y) = \frac{\tau(x, y)}{W(x, y)} \quad (5)$$

представляет собой формальную кривизну гауссова типа поля усредненных скоростей в пограничном слое. Из (5) по методике [4] получим равенство

$$\frac{\tau_0(x)}{W(L, 0)} = \frac{\tilde{\tau}_0(x)}{\tilde{W}(L, 0)},$$

где $\tilde{\tau}_0(x) = \mu \frac{U(x)}{\delta(x)}$; $\tilde{W}(L, 0) = b \int_0^L \tilde{\tau}_0(x) dx$.

Другую интерпретацию величины $K(x, y)$ можно получить на основе понятия плотности безразмерного напряжения трения

$$\tau^*(x, y) = \tau(x, y) / \overline{\tau(x, y)}, \quad \overline{\tau(x, y)} = \frac{1}{x} \int_0^x \tau(s, y) ds.$$

Замечание – Явный вид функционала J можно получить с привлечением результатов соответствующих экспериментов, если турбулентное напряжение τ_t принять в виде $\tau_t = \rho U^2(x) \varphi(\xi)$ ($\xi = y/\delta(x)$), где $\varphi(\xi)$ – функция класса $C[0, h)$ ($h > 0$), определяемая как решение проблемы моментов с использованием силы сопротивления пластины.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шлихтинг, Г. Теория пограничного слоя / Г. Шлихтинг. – Москва: Наука, 1974.
2. Емцев, Б. Т. Техническая гидромеханика / Б. Т. Емцев. – Москва: Машиностроение, 1987.
3. Лаптинский, В. Н. К решению задачи о динамическом турбулентном пограничном слое / В. Н. Лаптинский // Еругинские чтения – 2019: тез. докл. XV Междунар. науч. конф. по дифференциальным уравнениям, Могилев, 14–17 мая 2019 г. – Могилев, 2019. – Ч. II. – С. 82–84.
4. Лаптинский, В. Н. Об одном аналитическом методе решения задачи о динамическом ламинарном пограничном слое в автотомельном случае / В. Н. Лаптинский // Ученые записки ЦАГИ. – 2013. – Т. XLIV, № 5. – С. 72–93.

УДК 517.927.4
 О ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЕШЕНИЯХ МАТРИЧНОГО УРАВНЕНИЯ
 ЛЯПУНОВА ВТОРОГО ПОРЯДКА С ПАРАМЕТРОМ

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

Рассматривается задача о периодических решениях с периодом ω уравнения

$$\ddot{X} = \lambda A(t)X + \lambda^3(P(t)X + XB(t)) + F_0(t) + \lambda F_1(t), \quad X \in \mathbb{R}^{n \times m}, \quad (1)$$

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 и развитием [1–4]. На основе применения метода [5, гл. II] получены коэффициентные достаточные условия однозначной разрешимости задачи, оценка области локализации и алгоритм построения решения.

Уравнение (1) сводится к эквивалентной системе матричных дифференциальных уравнений

$$dX/dt = Y, \quad (2)$$

$$dY/dt = \lambda A(t)X + \lambda^3(P(t)X + XB(t)) + F_0(t) + \lambda F_1(t). \quad (3)$$

Вместо исходной задачи исследуется периодическая краевая задача для (2), (3) с условиями

$$X(0, \lambda) = X(\omega, \lambda), \quad Y(0, \lambda) = Y(\omega, \lambda). \quad (4)$$

По методике [5] задача (2)–(4) сведена к эквивалентной системе матричных интегральных уравнений, в которой применена модификация обобщенного принципа сжимающих отображений [6].

Приняты следующие обозначения:

$$\tilde{A}(\omega) = \int_0^\omega A(\tau) d\tau, \quad \gamma = \|\tilde{A}^{-1}(\omega)\|, \quad \varepsilon = |\lambda|, \quad \alpha = \max_t \|A(t)\|, \quad \beta = \max_t \|B(t)\|,$$

$$\mu = \max_t \|P(t)\|, \quad h_i = \max_t \|F_i(t)\|, \quad q_1 = \frac{1}{4}\gamma\alpha^2\omega^3 + \gamma(\beta + \mu)\omega, \quad q_2 = \frac{1}{4}\gamma\alpha(\beta + \mu)\omega^3,$$

$$q(\varepsilon) = \varepsilon q_1 + \varepsilon^3 q_2, \quad K(\varepsilon) = \frac{1}{2}\varepsilon\omega[\alpha + \varepsilon^2(\beta + \mu)], \quad H(\varepsilon) = \gamma\omega\left(\frac{1}{4}\alpha\omega^2 + \frac{1}{\varepsilon}\right)(h_0 + \varepsilon h_1),$$

где $t \in [0, \omega]$, $\|\cdot\|$ – согласованная норма матриц.

Теорема. Пусть выполнены условия $\det \tilde{A}(\omega) \neq 0$, $0 < \varepsilon q_1 + \varepsilon^3 q_2 < 1$. Тогда 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 $X_{k-1}(t), Y_k(t)$ строятся по алгоритму типа [1, 2].

С помощью методики, используемой в [1, 2], изучены вопросы сходимости, скорости сходимости рядов (5), (6), при этом получены оценки

$$\|X(t, \lambda)\| \leq \frac{H(\varepsilon)}{1 - q(\varepsilon)}, \quad \|Y(t, \lambda)\| \leq \frac{K(\varepsilon)H(\varepsilon)}{1 - q(\varepsilon)} + \frac{1}{2} \omega(h_0 + \varepsilon h_1).$$

Установлено, что $X_{-1}(t) \equiv 0$ в случае, когда $\int_0^{\omega} F_0(\tau) d\tau = 0$; проведен

также анализ задачи с точки зрения теории возмущений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **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.

2. **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.

3. **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 дифференциальным уравнениям, Новополюцк, 20–22 мая 2014 г. – Новополюцк: Полоц. гос. ун-т, 2014. – С. 66–67.

4. **Ливинская, В. А.** К теории периодических решений матричного уравнения Ляпунова второго порядка с параметром / В. А. Ливинская // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2019. – С. 521–522.

5. **Лаптинский, В. Н.** Конструктивный анализ управляемых колебательных систем / В. Н. Лаптинский. – Минск: Ин-т математики НАН Беларуси, 1998.

6. Приближенное решение операторных уравнений / М. А. Красносельский [и др.] – Москва: Наука, 1969. – 456 с.

УДК 517.927.4

К ПЕРИОДИЧЕСКОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧЕ ДЛЯ МАТРИЧНОГО
УРАВНЕНИЯ ЛЯПУНОВА – РИККАТИ С ПАРАМЕТРОМ

О. А. МАКОВЕЦКАЯ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Рассматривается краевая задача

$$\frac{dX}{dt} = \lambda G(t, X), \quad X \in \mathbb{R}^{n \times n}; \quad (1)$$

$$X(0, \lambda) = X(\omega, \lambda), \quad (2)$$

где $G(t, X) = A(t)X + XB(t) + XQ(t)X + F(t, X)$, $t \in I$, $A, B, Q \in \mathbb{C}(I, \mathbb{R}^{n \times n})$, $F \in \mathbb{C}(D_{\tilde{\rho}}, \mathbb{R}^{n \times n})$. 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): $F(t, 0) \neq 0$; $I = [0, \omega]$, $\omega > 0$, $0 < \tilde{\rho} \leq \infty$, $\lambda \in \mathbb{R}$.

При $Q = 0$, $\lambda = 1$ двухточечная задача для уравнения (1) качественными методами исследовалась в [1]; конструктивными методами [2], развитыми в [3], – в [4] и др.

В данной работе, являющейся продолжением и развитием [4], по методике [2] получены конструктивные (то есть по исходным данным) достаточные условия однозначной разрешимости задачи (1), (2) и алгоритм с неявной вычислительной схемой построения решения. При этом все приближенные решения удовлетворяют краевому условию (2).

Примем следующие обозначения:

$$D_{\rho} = \{(t, X) : 0 \leq t \leq \omega, \|X\| \leq \rho\}, \quad M = \int_0^{\omega} A(\tau) d\tau, \quad N = -\int_0^{\omega} B(\tau) d\tau,$$

$$\gamma = \|\Phi^{-1}(\omega)\|, \quad \alpha = \max_t \|A(t)\|, \quad \beta = \max_t \|B(t)\|, \quad \delta = \max_t \|Q(t)\|,$$

$$h = \max_t \|F(t, 0)\|, \quad \varepsilon = |\lambda|, \quad q(\rho, \varepsilon) = q_1(\rho) + q_2(\rho)\varepsilon, \quad \varphi(\rho, \varepsilon) = \varphi_1(\rho) + \varphi_2(\rho)\varepsilon,$$

$$q_1(\rho) = \gamma\delta\omega(2\delta\rho + L), \quad q_2(\rho) = \frac{1}{2}\gamma\{(\alpha + \beta)\omega^2 [(\alpha + \beta + L) + 2\delta\rho]\},$$

$$\varphi_1(\rho) = \gamma\omega(\delta\rho^2 + L\rho + h), \quad \varphi_2(\rho) = \frac{1}{2}\gamma(\alpha + \beta)\omega^2 [(\alpha + \beta + L)\rho + \delta\rho^2 + h],$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1 - q_1(\rho)}{q_2(\rho)}, \quad \varepsilon_2 = \frac{\rho - \varphi_1(\rho)}{\varphi_2(\rho)}, \quad \varepsilon_0 = \min\{\varepsilon_1; \varepsilon_2\},$$

где $0 < \rho < \tilde{\rho}$, $t \in I$, $L = L(\rho) > 0$ – постоянная Липшица для $F(t, X)$ в области D_{ρ} , Φ – линейный оператор, $\Phi X = MX - XN$, $\|\cdot\|$ – согласованная

норма матриц.

Теорема. Пусть выполнены следующие условия: матрицы M, N не имеют общих характеристических чисел, $\varphi_1(\rho) < \rho$, $q_1(\rho) < 1$. Тогда при $|\lambda| \leq \varepsilon_0$ решение задачи (1), (2) в области D_ρ существует и единственно, при этом справедлива оценка $\|X\|_C \leq \varphi(\rho, \varepsilon)$.

Для построения решения задачи (1), (2) разработан итерационный алгоритм с неявной вычислительной схемой

$$X_k(t, \lambda) = \Phi^{-1} \left\{ \lambda \int_0^\omega \left[K_A(t, \tau) G(\tau, X_{k-1}(\tau, \lambda)) + G(\tau, X_{k-1}(\tau, \lambda)) K_B(t, \tau) \right] d\tau - \int_0^\omega \left(X_k(\tau, \lambda) Q(\tau) X_k(\tau, \lambda) + F(\tau, X_k(\tau, \lambda)) \right) d\tau \right\},$$

где

$$K_H(t, \tau) = \begin{cases} \int_0^\tau H(\sigma) d\sigma, & 0 \leq \tau \leq t \leq \omega, \\ -\int_\tau^\omega H(\sigma) d\sigma, & 0 \leq t < \tau \leq \omega, \end{cases} \quad (H = A, B),$$

начальное приближение X_0 отыскивается в виде постоянной из уравнения

$$C = -\Phi^{-1} \int_0^\omega \left[C Q(\tau) C + F(\tau, C) \right] d\tau, \text{ которое на основании условия теоремы}$$

имеет единственное решение, при этом $\|C\| \leq \rho$.

Изучены вопросы сходимости, скорости сходимости алгоритма.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ 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: Ин-т математики НАН Беларуси, 1998. – 300 с.

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. **Маковецкая, О. А.** К разрешимости периодической краевой задачи для матричного уравнения Ляпунова – Риккати с параметром / О. А. Маковецкая // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2019. – С. 525–526.

УДК 517.927.4

К ДВУХТОЧЕЧНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧЕ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНО
ВОЗМУЩЕННОГО МАТРИЧНОГО УРАВНЕНИЯ ЛЯПУНОВА

И. И. МАКОВЕЦКИЙ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Рассматривается краевая задача

$$\frac{dX}{dt} = A(t)X + XB(t) + \sigma(F(t, X) + G(t, X)), \quad X \in \mathbb{R}^{n \times n}; \quad (1)$$

$$MX(0, \sigma) + NX(\omega, \sigma) = 0, \quad (2)$$

где $A, B \in C(I, \mathbb{R}^{n \times n})$, $F, G \in C(D_{\tilde{\rho}}, \mathbb{R}^{n \times n})$, $I = [0, \omega]$, $D_{\tilde{\rho}} = \{(t, X) : t \in I, \|X\| < \tilde{\rho}\}$, $\omega > 0$, $0 < \tilde{\rho} \leq \infty$, M, N – постоянные $(n \times n)$ -матрицы; функции $F(t, X)$, $G(t, X)$ удовлетворяют в $D_{\tilde{\rho}}$ относительно X условию Липшица (локально); $F(t, 0) \neq 0$, $G(t, 0) \neq 0$, $\sigma \in \mathbb{R}$.

В [1] (см. также [2, гл. 1]) в случае $\sigma = 1$, $G(t, X) \equiv 0$ с помощью метода [3] получены конструктивные достаточные условия однозначной разрешимости и алгоритм построения решения G -невозмущенной задачи (1), (2). Данная работа является продолжением [1] и развитием [4], [5].

Примем следующие обозначения:

$$D_{\rho} = \{(t, X) : t \in I, \|X\| \leq \rho\}, \quad \lambda_1 = \max_t \|U(t)\|, \quad \lambda_2 = \max_t \|U^{-1}(t)\|,$$

$$\mu_1 = \max_t \|V(t)\|, \quad \mu_2 = \max_t \|V^{-1}(t)\|, \quad P = U^{-1}(\omega)N^{-1}M, \quad Q = -V(\omega), \quad \gamma = \|\Phi^{-1}\|,$$

$$m = \max\{\|P\|, \|Q\|\}, \quad \tilde{q} = \varepsilon q, \quad \tilde{p} = \varepsilon p, \quad \varepsilon_0 = \rho / (q\rho + p),$$

$$\varepsilon = |\sigma|, \quad h_1 = \max_t \|F(t, 0)\|, \quad h_2 = \max_t \|G(t, 0)\|, \quad \|X\|_C = \max_t \|X(t)\|,$$

где $q = \gamma \lambda \mu m \omega (L_1 + L_2)$, $p = \gamma \lambda \mu m \omega (h_1 + h_2)$ $t \in I$, $\lambda = \lambda_1 \lambda_2$, $\mu = \mu_1 \mu_2$; Φ – линейный оператор, $\Phi X = PX - XQ$, $L_1 = L_1(\rho) > 0$, $L_2 = L_2(\rho) > 0$ – постоянные Липшица для функций соответственно $F(t, X)$, $G(t, X)$ в D_{ρ} , $0 < \rho < \tilde{\rho}$, $\|\cdot\|$ – согласованная норма матриц; $U(t), V(t)$ – решения уравнений

$$\frac{dU}{dt} = A(t)U, \quad U(0) = E; \quad \frac{dV}{dt} = VB(t), \quad V(0) = E;$$

здесь E – единичная матрица.

Теорема. Пусть выполнены условия $\det N \neq 0$, матрицы P, Q не имеют общих характеристических чисел. Тогда при $|\sigma| \leq \varepsilon_0$ в области D_{ρ} зада-

ча (1), (2) однозначно разрешима, ее решение представимо как предел равномерно сходящейся последовательности матричных функций, удовлетворяющих краевому условию (2) и определяемых рекуррентным интегральным соотношением

$$X_{k+1}(t) = \sigma U(t) \Phi^{-1} \left[P \int_0^t U^{-1}(\tau) (F(\tau, X_k(\tau)) + G(\tau, X_k(\tau))) V^{-1}(\tau) d\tau + \int_t^{\omega} U^{-1}(\tau) (F(\tau, X_k(\tau)) + G(\tau, X_k(\tau))) V^{-1}(\tau) d\tau Q \right] V(t),$$

$$k = 0, 1, 2, \dots,$$

при этом справедлива оценка

$$\|X_k - X\|_{\mathbb{C}} \leq \tilde{q}^k \|X_1 - X_0\|_{\mathbb{C}} / (1 - \tilde{q}), \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (3)$$

Здесь X_0 – произвольная матрица класса $\mathbb{C}(I, \mathbb{R}^{n \times n})$, принадлежащая шару $\|X\|_{\mathbb{C}} \leq \rho$.

Из (3) при $k = 0$, $X_0 = 0$ следует оценка области локализации решения

$$\|X\|_{\mathbb{C}} \leq \frac{\|X_1\|_{\mathbb{C}}}{1 - \tilde{q}} \leq \frac{\tilde{p}}{1 - \tilde{q}}.$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Маковецкий, И. И.** К построению решения двухточечной краевой задачи для нелинейного матричного уравнения Ляпунова / И. И. Маковецкий В. Н. Лаптинский // Дифференциальные уравнения. – 2020. – Т. 56, № 1. – С. 137–141.

2. **Лаптинский, В. Н.** Матричные дифференциальные уравнения Ляпунова и Риккати / В. Н. Лаптинский, И. И. Маковецкий, В. В. Пугин. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2012. – 167 с.

3. **Лаптинский, В. Н.** Конструктивный анализ управляемых колебательных систем / В. Н. Лаптинский. – Минск : ИМ НАН Беларуси, 1998. – 300 с.

4. **Маковецкий, И. И.** Двусторонняя регуляризация нелинейно возмущенной двухточечной краевой задачи для матричного уравнения Ляпунова с параметром / В. Н. Лаптинский, И. И. Маковецкий // Веснік МДУ імя А. А. Куляшова. Сер. В. Прыродазнаўчыя навукі. – 2019. – № 2 (54). – С. 12–20.

5. **Маковецкий, И. И.** К построению решения двухточечной краевой задачи для матричного уравнения Ляпунова с параметром / И. И. Маковецкий // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Международ. науч.-техн. конф. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2019. – С. 527–528.

УДК 00.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ РЕГРЕССИИ ПРИ АНАЛИЗЕ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ

В. В. ПАСЕДЬКО, Н. В. ВЫГОВСКАЯ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Логистическая регрессия или логит регрессия (англ. logit model) – это статистическая модель, используемая для предсказания вероятности возникновения некоторого события путём подгонки данных к логистической кривой. Метод, основанный на применении логистической регрессии, является одним из самых используемых при решении проблемы классификации.

Была поставлена задача проанализировать медицинские данные пациенток с опухолями в грудной массе, которые были собраны в штате Висконсин, США. Данные были взяты из Kaggle – системы организации конкурсов по исследованию данных, а также социальной сети специалистов по обработке данных и машинному обучению. Данные были получены из оцифрованного изображения биопсии грудной массы, также они были собраны доктором Уильямом Х. Вольбергом в университете Висконсин, больница Мэдисон, США. Они представляют собой характеристики ядер клеток, присутствующих на вышеуказанном изображении.

Для анализа данных использовался язык программирования Python и его библиотеки для визуализации. В качестве метода для построения предиктивной математической модели был выбран метод логистической регрессии, который также был имплементирован на языке Python. Целью разработки программного обеспечения (ПО) было построение модели, способной прогнозировать вероятность рака груди на новых данных. Для прогнозирования требуется взять биопсию и оцифровать её изображение. По этим новым данным можно будет прогнозировать вероятность рака груди у пациента.

В процессе работы был проведён разведывательный анализ данных, а именно:

- рассчитаны статистические показатели для каждой переменной-предиктора;
- рассчитано распределение целевой переменной;
- построены графики распределений переменных-предикторов;
- рассчитана ядерная оценка плотности для переменных-предикторов;
- построены графики корреляций между переменными-предикторами, а также между предикторами и целевой переменной;

– построен график тепловой карты, который отображает корреляции между переменными.

Найдены позитивно и негативно коррелирующие между собой предикторы.

Далее был выполнен этап подготовки к построению модели, а именно:

– определен метод логистической регрессии как оптимальный для выполнения задачи классификации;

– определен метод оценки результата выполнения модели.

Следующим шагом была подготовка датасета:

– определена матрица переменных-предикторов, а также вектор целевой переменной;

– данные стандартизированы (Feature Scaling);

– датасет разделён на тестовую и обучающую выборку;

– подобраны оптимальные гиперпараметры для построения модели;

– произведено обучение модели на обучающей выборке, в процессе обучения подобраны коэффициенты (веса) для каждой переменной-предиктора.

После применения модели на тестовой выборке были получены следующие результаты:

– точность модели на тестовой выборке – 99,4 %;

– точность рассчитывалась по формуле

$$accuracy = (TP + TN) / (TP + TN + FP + FN),$$

где TP – количество правильно идентифицированных злокачественных опухолей; TN – количество правильно идентифицированных доброкачественных опухолей; FP – количество ложноотрицательных результатов; FN – количество ложноположительных результатов.

Была построена матрица (рис. 1) выполнения модели на тестовой выборке.

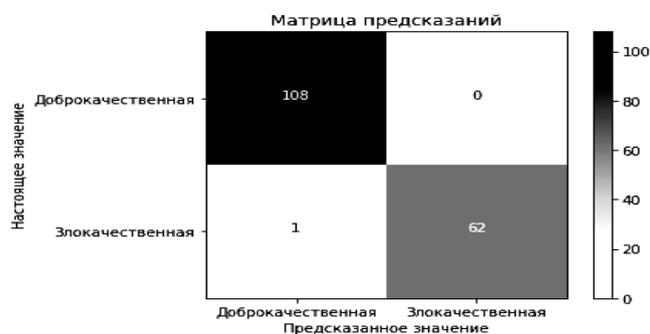


Рис. 1. Матрица модели тестовой выборки

Разработанное ПО может быть использовано при диагностике раковых заболеваний у пациенток с опухолями в грудной массе наряду с другими методами медицинской диагностики.

УДК 535

ВНУТРИРЕЗОНАТОРНОЕ ОТРАЖЕНИЕ СВЕТА ОТ ПРИЗМЫ СВЯЗИ В ПЛОСКОВОЛНОВОМ ПРИБЛИЖЕНИИ

И. У. ПРИМАК, А. В. ХОМЧЕНКО

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В рамках задачи описания внутрирезонаторного отражения света от призмы (призменного устройства связи) в плосковолновом приближении оценивается интенсивность генерируемого лазерного излучения на выходе из резонатора. Такого рода оценка представляет интерес с точки зрения анализа возможностей внутрирезонаторной лазерной спектроскопии как метода определения параметров тонких пленок (сверхтонких слоев) [1]. При этом результаты исследований имеют отношение не только к вопросам контроля параметров многослойных структур, но и к сенсорным приложениям.

На рис.1 представлена измерительная схема внутрирезонаторного отражения света от призмы.

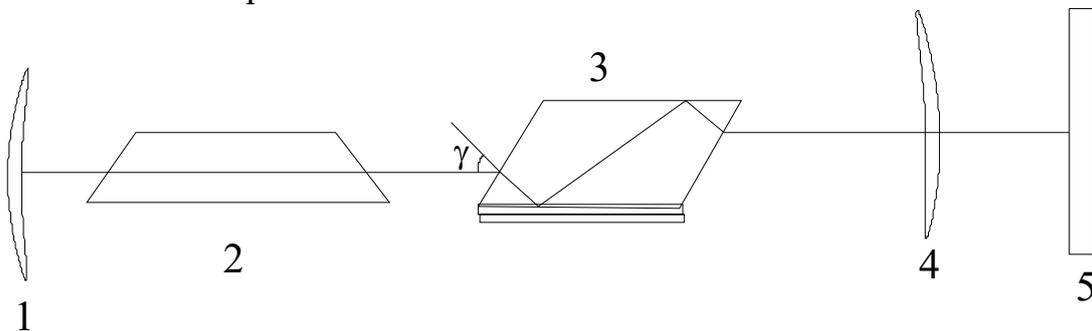


Рис. 1. Схема измерения: 1 – глухое зеркало; 2 – газоразрядная трубка гелий-неонового лазера; 3 – призма; 4 – выходное зеркало; 5 – фотоприемное устройство

Расчет электромагнитных полей в резонаторе с усиливающей средой предполагает решение неоднородного уравнения Гельмгольца с граничными условиями на зеркалах. При этом электрическое поле в резонаторе раскладывается по модам резонатора (функции Эрмита–Гаусса), амплитуды которых определяются при решении системы соответствующих дифференциальных уравнений. Такой подход не дает простого описания поля. Внесение в резонатор оптических элементов – линз, фильтров (в данном случае призмы) также усложняет процедуру расчетов. В целях получения более простых оценок полей в резонаторе и вне его был при-

менен подход Ригрода. В данном подходе предлагается считать моды, по которым раскладывается поле в резонаторе, плоскими. Это позволило, применяя полученные Ригродом уравнения, записать для интенсивности выходного излучения

$$I = I_n T_2 \frac{g_0 L - \alpha L_p + \ln |R_1 R_2 R_p^2|}{|R_2 R_1^{-1} R_p^{-2}| - |R_2|^2 - |R_1 R_2| + |R_p|^{-2}}, \quad R_p = T_p^2 R_{o1} R_{o2},$$

где g_0 – коэффициент усиления слабого сигнала; L – длина газоразрядной трубки гелий-неонового лазера; α – коэффициент поглощения призмы; L_p – путь, который проходит свет в призме; I_n – интенсивность насыщения; R_1 и R_2 – коэффициенты отражения зеркал 1 и 4 соответственно; T_2 – коэффициент пропускания зеркала 4; T_p и R_{o2} – коэффициенты пропускания и отражения грани призмы (без многослойной структуры) соответственно; R_{o1} – коэффициент отражения грани призмы с многослойной структурой. Все указанные коэффициенты пропускания и отражения рассчитываются с помощью известных рекуррентных соотношений [2].

Выполнено численное моделирование внутрирезонаторного отражения света от призмы (рис. 2).

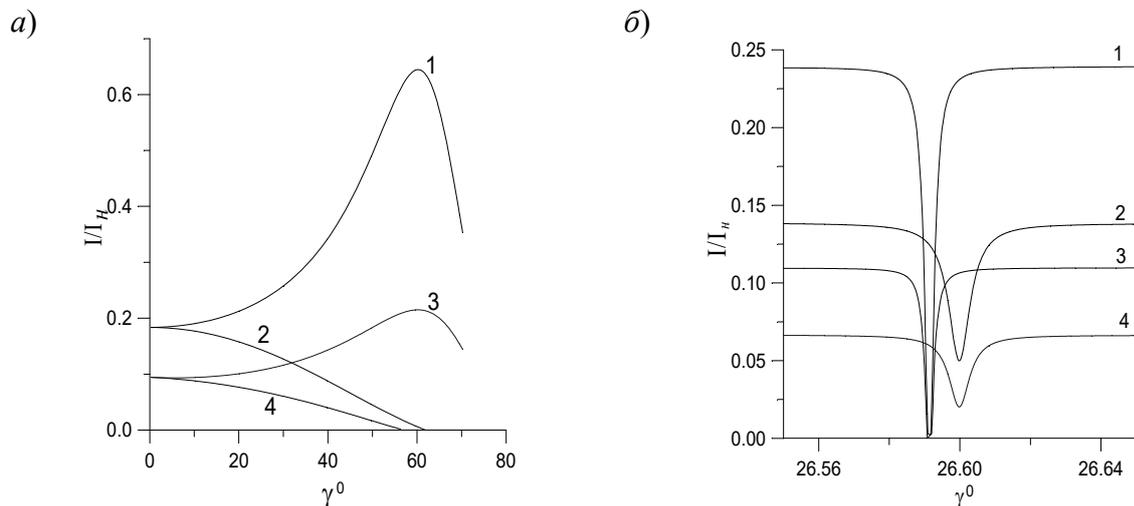


Рис. 2. Зависимости интенсивности лазерного излучения I на выходе из резонатора от угла падения γ этого излучения на грань призмы: a – описывает отражение света от призмы без волноводной структуры; b – призмы с волноведущей структурой. Здесь кривые 1, 3 (кривые 2, 4) строились для ситуации, когда ось вращения призмы перпендикулярна (параллельна) плоскости поляризации излучения. При этом кривые 1, 2 описывают случай, когда потерями в материале призмы можно пренебречь, а кривые 3, 4 строились в предположении, что коэффициент поглощения $\alpha = 2 \cdot 10^{-7} \text{ мкм}^{-1}$

Расчеты подтвердили воспроизведение волноводной модовой структуры в угловой картине распределения $I(\gamma)$ (рис. 2, б). Это позволяет получать оценки параметров волноведущей структуры на основе уже известных подходов обработки распределений $I(\gamma)$ [2]. При этом интенсивность отраженного излучения вследствие потерь в призме ($\alpha = 2 \cdot 10^{-7}$ мкм⁻¹) может быть снижена более чем в 2 раза.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Шульга, А. В.** Внутррезонаторная волноводная спектроскопия тонких пленок / А. В. Шульга, А. В. Хомченко, И. В. Шилова // Письма ЖТФ. – 2018. – Т. 44, № 21. – С. 3–8.
2. Анализ распределения интенсивности отраженного пучка в схеме призмленного возбуждения диэлектрических волноводов / А. Б. Сотский, А. А. Романенко, А. В. Хомченко, И. У. Примак // Радиотехника и электроника. – 1999. – Т. 44, № 6. – С. 687–695.

УДК 539.3

К ПРОБЛЕМЕ РЕШЕНИЯ ТЕРМОУПРУГОЙ ЗАДАЧИ
В БЕЗОПАСНОМ СТЕКЛЕ ДЛЯ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА

И. У. ПРИМАК, А. В. ХОМЧЕНКО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В работе анализируется распределение термоупругих напряжений в автомобильном стекле. Решение задачи важно с точки зрения контроля качества производимых стекол и их эксплуатации [1]. Известные решения термоупругой задачи, основанные на принципе Сен-Вена, не учитывают краевые эффекты и не позволяют корректно оценить напряжения в стекле.

Известная формулировка термоупругой задачи описывается уравнениями [2]

$$(1 + \nu) \nabla \sigma_{xx} + \delta^2 \frac{\partial^2}{\partial x'^2} (\sigma_{xx} + \sigma_{yy}) + \alpha_T E (T_0 - T_C) \left[\frac{(1 + \nu)}{(1 - \nu)} \nabla \theta + \delta^2 \frac{\partial^2 \theta}{\partial x'^2} \right] = 0,$$

$$(1 + \nu) \nabla \sigma_{yy} + \delta^2 F^2 \frac{\partial^2}{\partial y'^2} (\sigma_{xx} + \sigma_{yy}) + \alpha_T E (T_0 - T_C) \left[\frac{(1 + \nu)}{(1 - \nu)} \nabla \theta + \delta^2 F^2 \frac{\partial^2 \theta}{\partial y'^2} \right] = 0,$$

$$(1 + \nu) \nabla \sigma_{zz} + \delta^2 \frac{\partial^2}{\partial z'^2} (\sigma_{xx} + \sigma_{yy}) + \alpha_T E (T_0 - T_C) \left[\frac{(1 + \nu)}{(1 - \nu)} \nabla \theta + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z'^2} \right] = 0,$$

$$(1 + \nu) \nabla \sigma_{xz} + \delta \frac{\partial^2}{\partial x'z'} (\sigma_{xx} + \sigma_{yy}) + \alpha_T \delta E (T_0 - T_C) \frac{\partial^2 \theta}{\partial x'z'} = 0,$$

$$(1 + \nu) \nabla \sigma_{yz} + \delta \frac{\partial^2}{\partial y'z'} (\sigma_{xx} + \sigma_{yy}) + \alpha_T \delta E (T_0 - T_C) \frac{\partial^2 \theta}{\partial y'z'} = 0,$$

$$(1 + \nu) \nabla \sigma_{xy} + \delta^2 \frac{\partial^2}{\partial x'y'} (\sigma_{xx} + \sigma_{yy}) + \alpha_T \delta^2 E (T_0 - T_C) \frac{\partial^2 \theta}{\partial x'y'} = 0,$$

$$\nabla = \delta^2 \frac{\partial^2}{\partial x'^2} + \delta^2 F^2 \frac{\partial^2}{\partial y'^2} + \frac{\partial^2}{\partial z'^2}, \quad \delta = d / L, \quad F = L / b,$$

$$\text{границными условиями} \begin{cases} \sigma_{xx} n_x + \sigma_{xy} n_y + \sigma_{xz} n_z = 0, \\ \sigma_{xy} n_x + \sigma_{yy} n_y + \sigma_{yz} n_z = 0, \\ \sigma_{xz} n_x + \sigma_{yz} n_y + \sigma_{zz} n_z = 0 \end{cases}$$

$$\text{и условиями равновесия} \begin{cases} \delta \sigma_{xx} / \partial x' + \delta F \partial \sigma_{xy} / \partial y' + \partial \sigma_{xz} / \partial z' = 0, \\ \delta \sigma_{xy} / \partial x' + \delta F \partial \sigma_{yy} / \partial y' + \partial \sigma_{yz} / \partial z' = 0, \\ \delta \sigma_{xz} / \partial x' + \delta F \partial \sigma_{yz} / \partial y' + \partial \sigma_{zz} / \partial z' = 0, \end{cases}$$

где $\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{zz}, \sigma_{xy}, \sigma_{xz}, \sigma_{yz}$ – компоненты тензора напряжений; $x' = x/L$, $y' = y/b$, $z' = z/d$ – нормированные координаты; L, b, d – половины длины, ширины и толщины листа стекла соответственно ($L > b \gg d$); $\theta = (T - T_C) / (T_0 - T_C)$; T – температура в стекле; T_C – температура окружающей среды; T_0 – начальная температура стекла; $\vec{n} = (n_x, n_y, n_z)$ – внешняя нормаль к контуру и поверхности листа стекла; E – модуль упругости; ν – коэффициент Пуассона; α_T – коэффициент линейного теплового расширения.

Распределение температуры в стекле в момент времени t может быть рассчитано на основе известного решения задачи теплопроводности для пластины.

При решении термоупругой задачи учитывался очевидный факт $\delta \ll 1$, что позволило искать определяемые напряжения в виде асимптотических разложений Пуанкаре:

$$\sigma_{xx} = \sum_{m=0}^{\infty} \delta^m \sigma_{xx}^{(m)}, \quad \sigma_{yy} = \sum_{m=0}^{\infty} \delta^m \sigma_{yy}^{(m)}, \quad \sigma_{zz} = \sum_{m=0}^{\infty} \delta^m \sigma_{zz}^{(m)},$$

$$\sigma_{xy} = \sum_{m=0}^{\infty} \delta^m \sigma_{xy}^{(m)}, \quad \sigma_{xz} = \sum_{m=0}^{\infty} \delta^m \sigma_{xz}^{(m)},$$

$$\sigma_{xx} = \sum_{m=0}^{\infty} \delta^m \sigma_{xx}^{(m)}, \quad \sigma_{yz} = \sum_{m=0}^{\infty} \delta^m \sigma_{yz}^{(m)}.$$

Подставляя данные разложения в термоупругую задачу, мы определили коэффициенты $\sigma_{xx}^{(m)}, \sigma_{yy}^{(m)}, \sigma_{zz}^{(m)}, \sigma_{xy}^{(m)}, \sigma_{xz}^{(m)}, \sigma_{yz}^{(m)}$ для $m = 0, 1, 2$. На рис. 1 представлены результаты расчетов значений $\sigma_{xx}^{(0)}, \sigma_{yy}^{(0)}, \sigma_{zz}^{(0)}$ усредненных по толщине листа стекла. При этом предполагалось: $d = 3 \cdot 10^{-3}$ м, $L = 0,2$ м, $b = 0,1$ м, $t = 200$ с, $T_C = 273$ К, $T_0 = 600$ К.

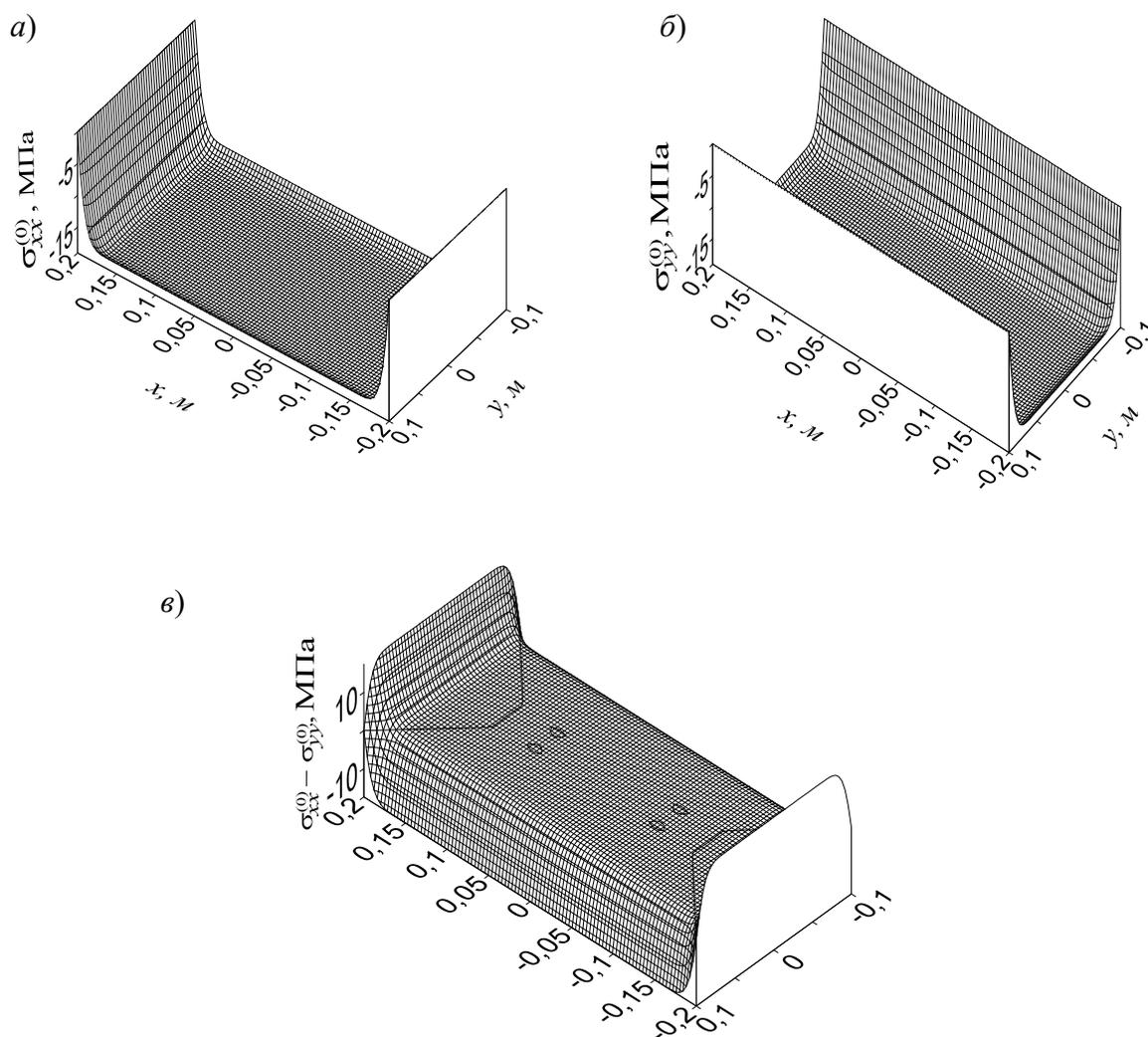


Рис. 1. Распределения напряжений в стекле

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Хомченко, А. В.** Анализ полей механических напряжений в закаленном стекле методом поляризационной интерферометрии / А. В. Хомченко, И. У. Примак, А. Н. Василенко // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2019. – Т. 62, № 1. – С. 88–97.

2. **Коваленко, А. Д.** Основы термоупругости / А. Д. Коваленко. – Киев: Наукова думка, 1970.

УДК 621.878.6

ПРИМЕНЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ЛАГРАНЖА ВТОРОГО РОДА
ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ДИФФЕРЕНЦИАЛА

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 обобщенных координат и их производных; Q_s, Q_{cs} – обобщенные движущие силы и силы сопротивления.

Уравнениями Лагранжа второго рода можно пользоваться при изучении движения любой механической системы с геометрическими связями независимо от того, сколько точек или тел входят в систему, как движутся эти тела и какое движение (абсолютное или относительное) рассматривается.

Решалась задача применения уравнения Лагранжа второго рода для построения математической модели симметричного конического межколесного дифференциала автомобиля (рис. 1). Ведущее водило H жестко связано с ведомым зубчатым колесом с ведомым зубчатым колесом 2 главной передачи 1–2. Движущий момент $Q = M_1$ передается от ведущей шестерни главной передачи 1 через водило сателлитам 3, которые, в свою очередь, передают вращение на приводные центральные колеса 4 и 5, к которым приложены моменты сопротивления M_4 и M_5 .

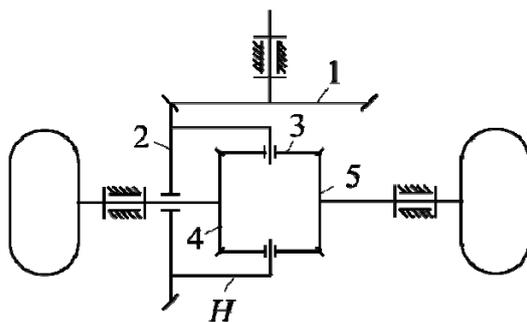


Рис. 1. Схема дифференциала

Известны осевые моменты инерции ведущей шестерни главной передачи J_1 , корпуса дифференциала с ведомым зубчатым колесом 2 главной передачи и сателлитами относительно оси вращения корпуса J_H , осевые моменты инерции центральных колес $J_4 = J_5 = J$.

Механизм имеет две степени свободы. В качестве обобщенных координат приняты углы поворота центральных колес φ_4 и φ_5 .

Передаточное отношение главной передачи

$$i_{12} = \frac{\dot{\varphi}_1}{\dot{\varphi}_2} = \frac{\dot{\varphi}_1}{\dot{\varphi}_H} = \operatorname{ctg} \delta,$$

где δ – угол делительного конуса шестерни 1.

При этом угловая скорость водила

$$\dot{\varphi}_H = \frac{\dot{\varphi}_4 + \dot{\varphi}_5}{2}.$$

Кинетическая энергия механизма без учета вращения сателлитов относительно своей оси

$$T = \frac{1}{2} J_1 \dot{\varphi}_1^2 + \frac{1}{2} J_H \dot{\varphi}_H^2 + \frac{1}{2} J (\dot{\varphi}_4^2 + \dot{\varphi}_5^2).$$

Поскольку $\dot{\varphi}_1 = \frac{(\dot{\varphi}_4 + \dot{\varphi}_5) \operatorname{ctg} \delta}{2}$, кинетическая энергия механизма определяется по выражению

$$T = \frac{1}{2} \left[J + \frac{1}{4} (J_1 \operatorname{ctg}^2 \delta + J_H) \right] (\dot{\varphi}_4^2 + \dot{\varphi}_5^2) + \frac{1}{4} (J_1 \operatorname{ctg}^2 \delta + J_H) \dot{\varphi}_4^2 \dot{\varphi}_5^2.$$

Обобщенные силы определены из выражения работы на возможных перемещениях $\delta \varphi_i$:

$$\begin{aligned} Q \delta \varphi_1 + M_4 \delta \varphi_4 + M_5 \delta \varphi_5 &= M_1 (\delta \varphi_4 + \delta \varphi_5) \frac{\operatorname{ctg} \delta}{2} + M_4 \delta \varphi_4 + M_5 \delta \varphi_5 = \\ &= \left(\frac{1}{2} M_1 \operatorname{ctg} \delta + M_4 \right) \delta \varphi_4 + \left(\frac{1}{2} M_1 \operatorname{ctg} \delta + M_5 \right) \delta \varphi_5. \end{aligned}$$

Получены обобщенные силы сопротивления центральных колес:

$$Q_{c4} = \frac{1}{2} M_1 \operatorname{ctg} \delta + M_4 \text{ и } Q_{c5} = \frac{1}{2} M_1 \operatorname{ctg} \delta + M_5.$$

Подставляя все параметры в уравнения Лагранжа второго рода, получили упрощенную математическую модель симметричного конического межколесного дифференциала автомобиля:

$$\begin{aligned} \left[J + \frac{1}{4} (J_1 \operatorname{ctg}^2 \delta + J_H) \right] \ddot{\varphi}_4 + \frac{1}{4} (J_1 \operatorname{ctg}^2 \delta + J_H) \ddot{\varphi}_5 &= \frac{1}{2} M_1 \operatorname{ctg} \delta + M_4; \\ \left[\frac{1}{4} (J_1 \operatorname{ctg}^2 \delta + J_H) \right] \ddot{\varphi}_4 + \left[J + \frac{1}{4} (J_1 \operatorname{ctg}^2 \delta + J_H) \right] \ddot{\varphi}_5 &= \frac{1}{2} M_1 \operatorname{ctg} \delta + M_5. \end{aligned}$$

Математическая модель дифференциала, построенная на основе уравнения Лагранжа второго рода, представляет собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка относительно обобщенных координат, описывающих движение механической системы, подчиненной идеальным связям. Эта модель использована при динамическом анализе механизма.

УДК 517.927.4

К РЕШЕНИЮ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ
ДЛЯ СИСТЕМЫ МАТРИЧНЫХ УРАВНЕНИЙ
ТИПА РИККАТИ С ПАРАМЕТРОМ

Д. В. РОГОЛЕВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Рассматривается задача типа [1]:

$$\frac{dX}{dt} = A_1(t)X + XB_1(t) + X(S_1(t)X + S_2(t)Y) + \lambda^2 F_1(t), \quad (1)$$

$$\frac{dY}{dt} = A_2(t)Y + YB_2(t) + Y(P_1(t)X + P_2(t)Y) + \lambda^2 F_2(t), \quad (2)$$

$$X(0, \lambda) = X(\omega, \lambda), \quad Y(0, \lambda) = Y(\omega, \lambda), \quad (3)$$

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 $[0, \omega]$; $\omega > 0$, $\lambda \in \mathbb{R}$.

Вопросы конструктивной теории краевых задач для многомерных систем дифференциальных уравнений специального вида мало изучены. К таким системам относятся матричные дифференциальные уравнения Риккати, Ляпунова и их обобщения, в частности, системы матричных дифференциальных уравнений вида (1), (2), играющие важную роль в теории и приложениях дифференциальных уравнений. Поэтому развитие конструктивных методов применительно к таким задачам представляется актуальным (см., например, [2] и др.).

В данной работе, являющейся продолжением [1, 3], с помощью конструктивного метода [4, гл. 3] получены эффективно проверяемые по исходным данным достаточные условия однозначной разрешимости задачи (1)–(3). Разработан итерационный алгоритм с неявной вычислительной схемой построения решения, при этом все приближенные решения удовлетворяют условиям (3).

Примем следующие обозначения:

$$D = \{(t, X, Y) : 0 \leq t \leq \omega, \|X\| \leq \rho_1, \|Y\| \leq \rho_2\},$$

$$\tilde{B}_i(\omega) = \int_0^\omega B_i(\tau) d\tau, \quad \tilde{\gamma}_i = \|\tilde{B}_i^{-1}(\omega)\|, \quad \alpha_i = \max_t \|A_i(t)\|, \quad \beta_i = \max_t \|B_i(t)\|,$$

$$\delta_i = \max_t \|S_i(t)\|, \quad \mu_i = \max_t \|P_i(t)\|, \quad h_i = \max_t \|F_i(t)\|, \quad \|T\|_C = \max_t \|T(t)\|,$$

$$\varepsilon = |\lambda|, \quad \varepsilon_0 = \min\{\varepsilon_1, \varepsilon_2\},$$

$$p_{11} = \tilde{\gamma}_1 \left[0,5 \cdot \beta_1 (\alpha_1 + \beta_1 + 2\delta_1 \rho_1 + \delta_2 \rho_2) \omega^2 + (\alpha_1 + 2\delta_1 \rho_1 + \delta_2 \rho_2) \omega \right],$$

$$p_{12} = \tilde{\gamma}_1 \delta_2 \rho_1 \omega (0,5 \cdot \beta_1 \omega + 1), \quad p_{21} = \tilde{\gamma}_2 \mu_1 \rho_2 \omega (0,5 \cdot \beta_2 \omega + 1),$$

$$p_{22} = \tilde{\gamma}_2 \left[0,5 \cdot \beta_2 (\alpha_2 + \beta_2 + \mu_1 \rho_1 + 2\mu_2 \rho_2) \omega^2 + (\alpha_2 + \mu_1 \rho_1 + 2\mu_2 \rho_2) \omega \right],$$

$$\varepsilon_1 = \left(\frac{\rho_1 - \tilde{\gamma}_1 \left\{ 0,5 \cdot \beta_1 \left[(\alpha_1 + \beta_1) \rho_1 + \delta_1 \rho_1^2 + \delta_2 \rho_1 \rho_2 \right] \omega^2 + \left[\alpha_1 \rho_1 + \delta_1 \rho_1^2 + \delta_2 \rho_1 \rho_2 \right] \omega \right\}}{\tilde{\gamma}_1 (0,5 \cdot \beta_1 \omega + 1) h_1 \omega} \right)^{1/2},$$

$$\varepsilon_2 = \left(\frac{\rho_2 - \tilde{\gamma}_2 \left\{ 0,5 \cdot \beta_2 \left[(\alpha_2 + \beta_2) \rho_2 + \mu_2 \rho_2^2 + \mu_1 \rho_1 \rho_2 \right] \omega^2 + \left[\alpha_2 \rho_2 + \mu_2 \rho_2^2 + \mu_1 \rho_1 \rho_2 \right] \omega \right\}}{\tilde{\gamma}_2 (0,5 \cdot \beta_2 \omega + 1) h_2 \omega} \right)^{1/2},$$

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) $\tilde{\gamma}_1 \left\{ 0,5 \cdot \beta_1 \left[(\alpha_1 + \beta_1) \rho_1 + \delta_1 \rho_1^2 + \delta_2 \rho_1 \rho_2 \right] \omega^2 + \left[\alpha_1 \rho_1 + \delta_1 \rho_1^2 + \delta_2 \rho_1 \rho_2 \right] \omega \right\} < \rho_1$,

$\tilde{\gamma}_2 \left\{ 0,5 \cdot \beta_2 \left[(\alpha_2 + \beta_2) \rho_2 + \mu_2 \rho_2^2 + \mu_1 \rho_1 \rho_2 \right] \omega^2 + \left[\alpha_2 \rho_2 + \mu_2 \rho_2^2 + \mu_1 \rho_1 \rho_2 \right] \omega \right\} < \rho_2$,

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 по итерационному алгоритму с неявной вычислительной схемой и удовлетворяющих условиям (3).

Случай $\int_0^{\omega} F_i(\tau) d\tau = 0$ изучен с точки зрения теории возмущений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ 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. Роголев, Д. В. К анализу периодической краевой задачи для системы матричных уравнений типа Риккати с параметром / Д. В. Роголев // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2019. – С. 533–534.

4. Лаптинский, В. Н. Конструктивный анализ управляемых колебательных систем / В. Н. Лаптинский. – Минск: Ин-т математики НАН Беларуси, 1998. – 300 с.

УДК 533.6

К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ФОЛКНЕРА–СКЭН

А. А. РОМАНЕНКО

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Рассматривается краевая задача (см., например, [1, с. 160])

$$f''' + \frac{m+1}{2} f f'' + m(1-f'^2) = 0; \quad (1)$$

$$f(0) = f'(0) = 0, \quad f'(\infty) = 1, \quad (2)$$

представляющая собой задачу Фолкнера–Скэн о динамическом пограничном слое при течении несжимаемой жидкости вдоль плоской пластины. В данной работе, на основе методики, предложенной в [2, 3], получено более простое, чем в [4], но не менее точное приближенное аналитическое решение задачи (1), (2), которой посвящена обширная литература (см., например, в [1]). В классической теории пограничного слоя эта задача решалась в основном численными и численно-аналитическими методами. Следует отметить, что данная проблематика в XXI в. привлекает внимание многих исследователей с различных точек зрения – теоретической и прикладной (см. в [5] и др.).

С помощью [2, 3] имеем

$$f(\eta) = \lambda \int_0^\eta (\eta - \tau) e^{-\left(\frac{b}{\lambda}\tau + \frac{1}{6}a\lambda\tau^3\right)} d\tau, \quad (3)$$

при этом значения $\lambda = \lambda(m)$ вычисляются из трансцендентного уравнения

$$\lambda \int_0^\infty \exp\left(-\left(\frac{b}{\lambda}\tau + \left(\frac{b}{\lambda}\right)^2 \frac{\tau^2}{2!} + \left(2\left(\frac{b}{\lambda}\right)^3 + (a-2b)\lambda\right) \frac{\tau^3}{3!}\right)\right) d\tau - 1 = 0, \quad (4)$$

где $a = (m+1)/2$; $b = m$; $\lambda = f''(0)$; $a - 2b > 0$ ($0 \leq m < 1/3$).

Решение (3), (4) может быть использовано для получения инженерных формул, связанных с соответствующими прикладными задачами теплофизики, аэро- и гидродинамики. При этом величина $f''(0) = \lambda$ используется при вычислении касательного напряжения на обтекаемой поверхности, $f'(\eta)$ (вместе с $f''(0)$) – при расчете толщины динамического пограничного слоя, $f(\eta)$ (вместе с $f'(\eta)$) – при вычислении температуры в тепловом пограничном слое, а также при вычислении локального коэффициента теплоотдачи (см., например, [1]).

Для иллюстрации эффективности приближения (3), (4) при $m = 0,25$ на рис. 1 приведены графики (точного) численного решения задачи (1), (2) и его первых двух производных, а также графики приближенного решения и соответствующих производных. Расчеты выполнены для практически значимого промежутка $0 \leq \eta \leq 5$.

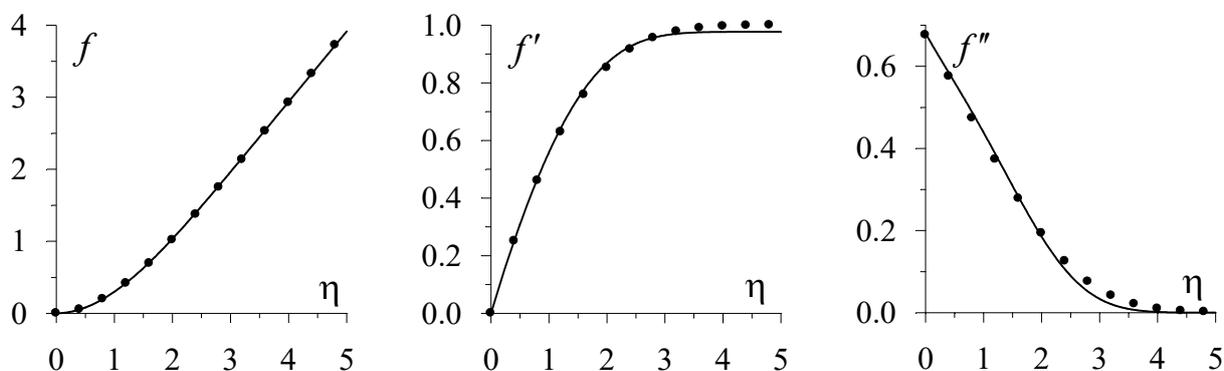


Рис. 1. Графики $f(\eta)$, $f'(\eta)$ и $f''(\eta)$ для $m = 0,25$. Точки соответствуют точному решению, сплошная линия – приближению (3), (4)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шлихтинг, Г. Теория пограничного слоя / Г. Шлихтинг. – Москва: Наука, 1974.
2. Лаптинский, В. Н. Конструктивный метод анализа задачи о ламинарном пограничном слое и его применение к расчету охлаждающей способности кристаллизаторов при непрерывном литье / В. Н. Лаптинский, А. А. Романенко. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2010. – 25 с. – (Препринт / ИТМ НАН Беларуси; № 20 (Ч. IV).
3. Лаптинский, В. Н. Об одном аналитическом методе решения задачи о динамическом ламинарном пограничном слое в автомодельном случае / В. Н. Лаптинский // Ученые записки ЦАГИ. – 2013. – Т. XLIV, № 5. – С. 72–93.
4. Лаптинский, В. Н. К задаче о динамическом ламинарном пограничном слое в автомодельном случае / В. Н. Лаптинский, А. А. Романенко // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 25–26 апр. 2019 г. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2019. – С. 519–521.
5. Okasha El-Nady, A. A new Technique for Solution of the Blasius and Falkner-Skan Boundary Layer Equations / A. Okasha El-Nady, M. Fayek Abd Rabbo // IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE). – 2017. – Vol. 14, iss. 4. – P. 45–53.

УДК 53.088:620.179.14
 МОДЕЛЬ ДЛЯ АНАЛИЗА ПОГРЕШНОСТИ ДВУХПАРАМЕТРОВОГО
 КОСВЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ

С. Г. САНДОМИРСКИЙ

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси
 Минск, Беларусь

Измерения в магнитном структурном анализе являются косвенными, а связи между параметрами имеют корреляционный характер [1]. Исследователи повысили корреляцию и снизили среднеквадратичное отклонение при контроле свойств материалов двухпараметровым методом.

Целью доклада является анализ условий и достижимого предела снижения погрешности двухпараметрового косвенного измерения физической величины F по сравнению с однопараметровым.

Пусть величина F может быть определена по результату измерения корреляционно связанных с ней параметров x_1 и x_2 по зависимостям

$$F(x_1) = \varphi_1(x_1) ; \quad (1)$$

$$F(x_2) = \varphi_2(x_2). \quad (2)$$

При этом с. к. о. результатов определения F по (1) и (2) от истинных ее значений равны соответственно σ_1 и σ_2 , а параметры x_1 и x_2 связаны друг с другом с коэффициентом корреляции R ($-1 \leq R \leq 1$). Величину F рассчитаем как среднее арифметическое ее определения по (1) и (2):

$$F(x_1, x_2) = 0,5[\varphi_1(x_1) + \varphi_2(x_2)]. \quad (3)$$

Из теории вероятностей известно, что дисперсия $D(x_1+x_2)$ суммы двух случайных величин x_1 и x_2 в общем случае вычисляется следующим образом [2]:

$$D(x_1 + x_2) = D(x_1) + D(x_2) + 2K_{x_1x_2}, \quad (4)$$

где $D(x_1)$ – дисперсия x_1 ; $D(x_2)$ – дисперсия x_2 ; $K_{x_1x_2}$ – корреляционный момент, $K_{x_1x_2} = R\sigma_1\sigma_2$; σ_1 и σ_2 – средние квадратичные отклонения (с. к. о.) величин x_1 и x_2 ; R – коэффициент корреляции между ними.

Из (4) с. к. о. σ_Σ суммы величин x_1 и x_2 определяется по формуле [2]

$$\sigma_\Sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + 2R\sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2}. \quad (5)$$

С учетом (5) и (3) получим для с. к. о. σ_F косвенного определения величины F по уравнению (3) аналитическое выражение

$$\sigma_F = 0,5\sqrt{\sigma_1^2 + 2R\sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2}. \quad (6)$$

Для обобщения анализа введем относительные величины:

$$\bar{\sigma}_2 = \sigma_2/\sigma_1 \text{ и } \bar{\sigma}_F = \sigma_F/\sigma_1. \quad (7)$$

Учитывая симметричное влияние параметров x_1 и x_2 на $F(x_1, x_2)$, при анализе будем полагать $\sigma_1 \leq \sigma_2$. Величина $\bar{\sigma}_F$ показывает, в какой степени использование второго параметра x_2 для определения величины F снижает (если $\bar{\sigma}_F < 1$) или увеличивает (если $\bar{\sigma}_F > 1$) с. к. о. ее определения по (3) по сравнению с использованием только параметра x_1 . Из (6) и (7) получим:

$$\bar{\sigma}_F = 0,5\sqrt{1+2R\bar{\sigma}_2+\bar{\sigma}_2^2}. \quad (8)$$

На рис. 1 приведены результаты расчета по (8) зависимостей $\bar{\sigma}_F = \bar{\sigma}_F(R)$ при разных значениях $\bar{\sigma}_2$ в диапазоне изменения $-1 \leq R \leq 1$.

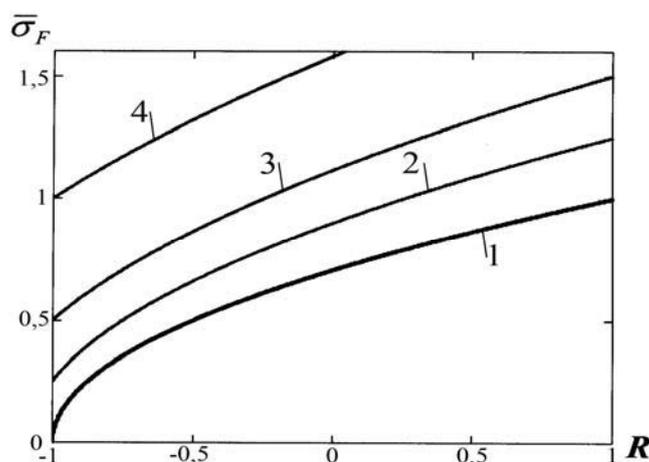


Рис. 1. Зависимость с. к. о. $\bar{\sigma}_F$ определения величины F по формуле (3) от коэффициента R корреляции между параметрами x_1 и x_2 (1–4 – при с. к. о. $\bar{\sigma}_2$ второго параметра соответственно равном 1; 1,5; 2; 3)

Анализ полученных зависимостей показал, что значения $\bar{\sigma}_F < 1$ не могут быть получены ни при каких R , если $\bar{\sigma}_2 \geq 3$. В этих случаях применение двухпараметрового метода не может обеспечить снижение с. к. о. величины F по сравнению с однопараметровым ни при каких условиях. При $1 \leq \bar{\sigma}_2 < 3$ величина $\bar{\sigma}_F$ снижается по мере уменьшения $\bar{\sigma}_2$ и приближении R к значению «-1». Из (8) следует, что условие $\bar{\sigma}_F \leq y$ выполняется при значениях R , удовлетворяющих уравнению

$$R \leq (4y - 1 - \bar{\sigma}_2^2) / (2\bar{\sigma}_2). \quad (9)$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Обухов, И. В.** Случайные погрешности измерений / И. В. Обухов. – Москва: ЛИБРОКОМ, 2017. – 80 с.
2. **Новицкий, П. В.** Оценка погрешностей результатов измерений / П. В. Новицкий, И. А. Зограф. – Ленинград: Энергоатомиздат, 1985. – 248 с.

УДК 535.243
 МОДЕЛИРОВАНИЕ СПЕКТРОВ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ
 И ПРОПУСКАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТЕЙ СЛОЯ НА ПОДЛОЖКЕ
 КОНЕЧНОЙ ТОЛЩИНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЧАСТИЧНО
 КОГЕРЕНТНОГО СВЕТА

Л. И. СОТСКАЯ¹, С. С. МИХЕЕВ², А. Б. СОТСКИЙ²

¹Белорусско-Российский университет

²Могилевский государственный университет имени А. А. Кулешова
 Могилев, Беларусь

В ряде приложений возникает необходимость спектрофотометрического контроля оптических и геометрических параметров наноразмерных слоев, нанесенных на плоскопараллельные прозрачные подложки с толщиной D миллиметрового порядка. В такой ситуации длина когерентности света в пределах перестраиваемого спектрального окна сопоставима с D . В результате измеряемые отражательная $R(\lambda)$ и пропускательная $T(\lambda)$ способности структуры определяются интерференцией частично когерентных лучей различного порядка. Без учета этой особенности невозможно выполнить корректную обработку экспериментальных данных для $R(\lambda)$ и $T(\lambda)$ в ходе решения обратных задач спектрофотометрии. С целью преодоления данной проблемы в литературе предложены различные приближения, в которых подложка рассматривается либо как не когерентный слой, либо вводится такой феноменологический параметр как комплексная степень когерентности лучей различного порядка. Основной дефект таких приближений состоит в том, что они не позволяют указать точных границ применимости получаемых в их рамках соотношений для $R(\lambda)$ и $T(\lambda)$ при вариациях D и ширины спектрального окна $\Delta\lambda$.

В докладе рассматривается электродинамическая модель расчета $R(\lambda)$ и $T(\lambda)$, свободная от указанного дефекта. В ней используется теорема Бохнера, которая приводит к соотношениям:

$$R(\lambda) = \left(\Delta\lambda \int_{-\infty}^{\infty} G(x) dx \right)^{-1} \int_{-\infty}^{\infty} G[(\lambda' - \lambda)\Delta\lambda^{-1}] |r(\lambda')|^2 d\lambda'; \quad (1)$$

$$T(\lambda) = \left(\Delta\lambda \int_{-\infty}^{\infty} G(x) dx \right)^{-1} \int_{-\infty}^{\infty} G[(\lambda' - \lambda)\Delta\lambda^{-1}] |t(\lambda')|^2 d\lambda', \quad (2)$$

где $G(x)$ – аппаратная функция спектрофотометра; $r(\lambda)$ и $t(\lambda)$ – амплитудные коэффициенты отражения и прохождения плоских волн для структуры слой-подложка.

При обычно выполняющемся в реальных экспериментах условии $D \gg \lambda^2(2n_s\Delta\lambda)^{-1}$ (n_s – показатель преломления подложки) проведен асимптотический анализ числителей выражений (1) и (2). В результате получены удобные для решения обратных задач спектрофотометрии аналитические выражения для $R(\lambda)$ и $T(\lambda)$, которые не содержат интегралов и не зависят от вида аппаратной функции. Данные выражения использованы для решения обратной задачи спектрофотометрии слоя ZnO:Al, нанесенного магнетронным распылением мишени ZnO:Al₂O₃ на плоскопараллельную стеклянную подложку толщиной 2,14 мм. Измерения спектров $R(\lambda)$ и $T(\lambda)$ для волн s и p поляризации выполнены для двух углов падения излучения на структуру 8 и 40° на спектрофотометре Photon RT («ЭссентОптика», Беларусь) при $\Delta\lambda = 2$ нм. Решение обратной задачи спектрофотометрии об определении толщины слоя d и спектра его комплексного показателя преломления $n_f(\lambda) - ik_f(\lambda)$ получено методом наименьших квадратов с использованием упомянутых аналитических выражений. Корректность решения проверена в вычислительных экспериментах по моделированию спектров (1) и (2) для гауссовой и ступенчатой аппаратных функций при различных значениях D с использованием найденных $d = 355,3$ нм и спектров $n_f(\lambda)$, $k_f(\lambda)$. Результаты расчетов представлены на рис.1, который позволяет оценить границы применимости упомянутых аналитических выражений для $R(\lambda)$ и $T(\lambda)$ и роль свойств гладкости аппаратной функции.

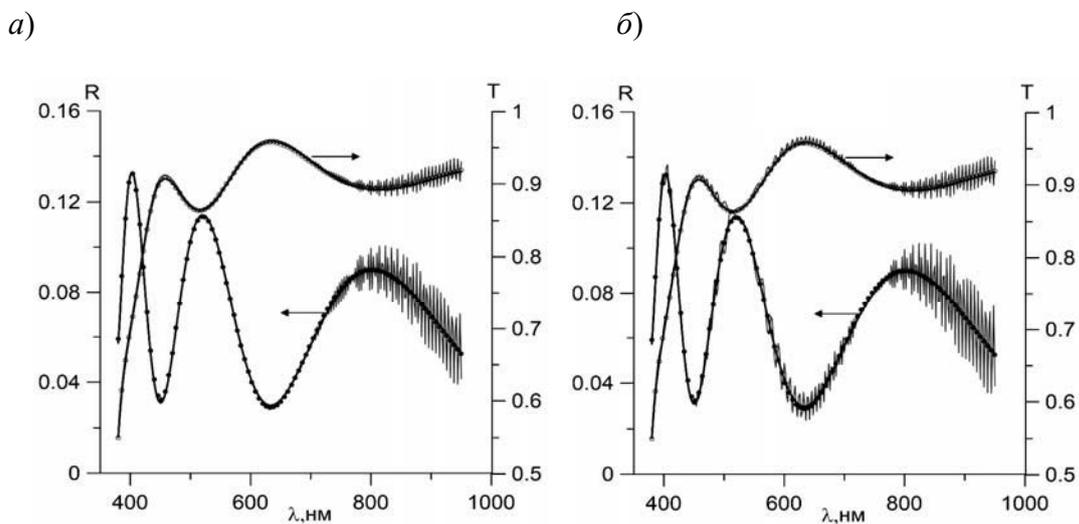


Рис. 1. Моделирование спектров $R(\lambda)$, $T(\lambda)$ для гауссовой (а) и ступенчатой (б) аппаратных функций спектрофотометра. Дискретные точки – эксперимент, сплошные кривые – расчет при $D \geq 100$ мкм, серые колеблющиеся кривые – расчет при $D = 50$ мкм

Работа выполнена при поддержке ГПНИ Республики Беларусь «Фотоника, опто- и микроэлектроника 1.3.03».

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Материалы Международной
научно-технической конференции
(Могилев, 23–24 апреля 2020 года)

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

Корректоры *И. В. Голубцова, Е. А. Галковская,
Т. А. Рыжикова, А. А. Подошевка*

Компьютерный дизайн *Н. П. Полевничая, Е. В. Ковалевская*

Подписано в печать 20.04.2020. Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 30,11. Уч.-изд. л. 32,31. Тираж 30 экз. Заказ № 174.

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.