

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»

**ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ
МАШИНОСТРОЕНИЯ,
ЭНЕРГЕТИКИ
И УПРАВЛЕНИЯ**

**МАТЕРИАЛЫ
XVIII Международной научно-технической
конференции студентов, аспирантов
и молодых ученых**

Гомель, 26–27 апреля 2018 года

Гомель 2018

УДК 621.01+621.3+33+004(042.3)

ББК 30+65

И88

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, доц. *А. А. Бойко* (отв. редактор)

д-р техн. наук, проф. *М. И. Михайлов*

канд. техн. наук, доц. *Ю. Л. Бобарикин*

канд. техн. наук, доц. *А. В. Шаповалов*

канд. техн. наук, доц. *Ю. В. Крышнев*

д-р техн. наук, проф. *И. А. Мурашко*

канд. экон. наук, доц. *Н. П. Драгун*

канд. экон. наук, доц. *Е. А. Кожевников*

канд. экон. наук, доц. *О. В. Лапицкая*

Под общей редакцией д-ра техн. наук, доц. А. А. Бойко

Подготовка и проведение конференции осуществлены на базе
Гомельского государственного технического
университета имени П. О. Сухого

Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики
И88 и управления : материалы XVIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 26–27 апр. 2018 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2018. – 583 с.

ISBN 978-985-535-387-5.

Содержатся материалы XVIII Международной научно-технической конференции по следующим направлениям: машиностроение; материаловедение и технология обработки материалов; энергетика; радиоэлектроника, автоматика, телекоммуникации, связь; отраслевая экономика и промышленная политика; экономика и управление в агропромышленном комплексе; маркетинг и корпоративное управление; информационные технологии и моделирование.

Для студентов, аспирантов и молодых ученых.

УДК 621.01+621.3+33+004(042.3)

ББК 30+65

ISBN 978-985-535-387-5

© Оформление. Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

- Рудченко Г. А., Наумчик А. А.* Закономерности и тенденции энергосбережения в агропромышленном комплексе Республики Беларусь 13
- Степанкин И. Н., Поздняков Е. П.* Функциональное структурообразование поверхностных слоев конструкционных среднеуглеродистых низколегированных сталей при изготовлении из них холодновысадочного инструмента.....19
-

Секция I. МАШИНОСТРОЕНИЕ

- Артемьев В. В., Андреев Ю. А.* Особенности выбора центробежного насоса вертикального исполнения для городского коммунального хозяйства 25
- Астрейко А. В., Кроль Д. Г.* Кинематический анализ механизмов методом инверсии 28
- Воронин А. В., Попов В. Б.* Исследование собственных частотных свойств установки компрессора кондиционера самоходной сельскохозяйственной машины..... 30
- Григорьев Ф. А., Богданович П. Н.* Коррозионная активность смазки на основе растительного сырья 33
- Домасевич В. В., Кульгейко М. П.* Влияние силы взаимодействия индентора с заготовкой на шероховатость поверхности при алмазном выглаживании 37
- Дробышевский В. Д., Асадчев А. С.* Определение оптимального режима бурения при инженерно-технологическом сопровождении промысловых испытаний новой техники 39
- Жуковский А. М., Ткачев В. М.* Оценка эффективности конструкции и модельные исследования кавитационно-импульсного пульсатора для реагентной обработки призабойной зоны пласта..... 43
- Иванов А. В., Юрков М. М.* Диагностика по давлению в воздушном канале..... 47
- Ильинов Я. А., Ефименко А. Н.* Конструктивные особенности автомобилей, влияющие на безопасность движения 49
- Кожедуб К. А., Кирпиченко Ю. Е.* Перспективы автоматизации методов трибологических испытаний полимерных композитов..... 52
- Конявский А. Д., Попов В. Б.* Исследование напряженного состояния зоны крепления механизма поворота на тумбе силосопровода кормоуборочного комбайна..... 54
- Кузьмич В. И., Михайлов М. И.* Исследование точности обработки отверстий концевыми фрезами..... 57
- Луцпол А. Ю., Луговский О. Ф., Гришко I. А.* Ультразвуковая технология в обробці молока..... 60
- Мельниченко М. С., Стасенко Д. Л.* Формирование герметичности подвижных соединений гидроаппаратов 64
- Мирончук О. В., Андреев С. Ф.* Динамическое моделирование механизма радиального илоскреба 67

<i>Забила В. М., Ночниченко И. В., Костюк Д. В., Зилинский А. И., Луговской А. Ф.</i> Экспериментальный стенд для испытания гидродинамических кавитаторов в топливной магистрали автомобиля	70
<i>Процык А. А., Козырева С. В.</i> Внедрение одновременно-раздельной добычи нефти в Республике Беларусь (на примере Речицкого месторождения нефти).....	72
<i>Струтинский С. В., Семенчук Р. В.</i> Математическое моделирование стохастических импульсных динамических процессов в скоростных цепных передачах.....	76
<i>Тончинский Э. Г., Кульгейко Г. С.</i> Автоматизация расчетов технологических допусков на элементы усилителя сопло-заслонка в зависимости от допусков на выходные параметры гидропривода.....	79
<i>Хорт А. А., Старовойтов Н. А.</i> Применение виртуальных систем ЧПУ для написания и тестирования управляющих программ для станков с ЧПУ	82
<i>Хропаков Д. И., Андреевец Ю. А.</i> Моделирование многодвигательных гидросистем в программной среде Matlab-Simulink.....	85
<i>Чижик А. А., Андреевец Ю. А.</i> Возможность использования гидростатической системы охлаждения для снижения энергетических затрат	89
<i>Шиленкова В. Н., Бруй Л. К.</i> Разработка способа предотвращения прихватов бурильной колонны в верхней части скважины при бурении глубокозалегающих хемогенных отложений	92
<i>Шкопа И. И., Шепелева И. С.</i> Добыча углеводородов из нетрадиционных залежей в пределах Припятского прогиба	95
<i>Шурпач Д. А., Андреевец Ю. А.</i> Определение целесообразности применения методики проверочного расчета теплового режима	98
<i>Ящук И. Р., Литвин А. В.</i> Структурно-морфологический синтез зажимных патронов токарных станков.....	102
<i>Фалько А. С., Столяров А. И.</i> Численное моделирование напряженно-деформированного состояния эластомерного поглощающего аппарата.....	105
<i>Сущенко Е. М., Кожедуб К. А., Кирпиченко Ю. Е.</i> Исследование особенности состава частиц износа при граничном смазывании	108
<i>Сакович А. В., Михайлов М. И.</i> Исследование точности обработки регулярных угловых пазов	110
<i>Прахоцкий Е. Г., Асадчев А. С.</i> Расчет и прогнозирование ресурса винтовых забойных двигателей при бурении нефтегазодобывающих скважин	113
<i>Кученев В. О., Асадчев А. С., Ракутько А. Г.</i> Результаты стендовых испытаний по исследованию термического воздействия на интенсивность коррозии нефтепромысловых труб	118
<i>Нестерук И. А., Бородин К. Е., Родзевич П. Е.</i> Анализ условий резания растительной массы измельчающим аппаратом барабанного типа.....	120
<i>Brefo J., Popov V. B.</i> Analysis of the possibility of mobile power unit aggregation with mounted implements	123

Секция II. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

<i>Астапов Е. А., Петришин Г. В.</i> Особенности диффузионного борирования порошков на основе ПЖРВ	128
<i>Астрейко А. В., Кроль Д. Г.</i> Кинематический анализ механизмов методом инверсии	131

<i>Астрейко А. В., Поздняков Е. П., Радионов А. В., Степанкин И. Н.</i> Структура и свойства цементованных слоев сталей 40Х и 42CrMoS4.....	133
<i>Василькова С. Ю., Поздняков Е. П., Радионов А. В., Степанкин И. Н.</i> Влияние режимов термохимической обработки на структуру и свойства цементуемой стали 18ХГТ	136
<i>Ворона В. В., Поздняков Е. П., Радионов А. В., Степанкин И. Н.</i> Влияние охладителя на структуру и свойства инструментальной стали 9ХС.....	140
<i>Давыдова О. В., Дробышевская Н. Е., Шиленкова В. Н., Подденежный Е. Н.</i> Термохимический метод синтеза наноструктурированных люминесцентных порошков иттрий-алюминиевого граната, активированного ионами церия	143
<i>Лиора А. А., Сергеев К. Л.</i> Эффективное применение продукции технического назначения из вторичных сырьевых ресурсов для улучшения технологических показателей при обработке металлов резанием	146
<i>Мартьянов Ю. В., Бобарикин Ю. Л.</i> Определение величины прогнозной обрывности металлокорда.....	149
<i>Мартьянов Ю. В.</i> Влияние натяжения металлокорда при свивке на его прямолинейность.....	152
<i>Матвеевков А. С., Петришин Г. В.</i> Технологические режимы магнитно-абразивной обработки диффузионно-легированными порошками на основе железа	154
<i>Огорокова О. В., Цыганов И. А.</i> Влияние деформации на формирование ультрамелкозернистой структуры двухфазных титановых сплавов	157
<i>Парецкая Е. А., Поздняков Е. П., Радионов А. В., Степанкин И. Н.</i> Оценка изменения градиента свойств науглероженного слоя стали 16CrMnS5 при различных режимах финишной термообработки	160
<i>Плешкунов И. С., Бельский А. Т.</i> Исследование когезии покрытия из металлического порошка	163
<i>Прусенко И. Н., Одарченко И. Б.</i> Исследование податливости литейных стержней и ее влияние на формирование отливок.....	167
<i>Радькин Я. И., Бобарикин Ю. Л.</i> Влияние скорости контролируемо-перемещаемой оправки на величину износа контактной поверхности оправки при непрерывной раскатке труб.....	171
<i>Савченко С. А., Урбанович А. М.</i> Пути повышения качества при производстве шарикоподшипниковой стали в условиях стана 370/150 ОАО «БМЗ – УК холдинга «БМК».....	173
<i>Сокол В. А., Антонишин Ю. Т.</i> Влияние режимов обработки на свойства деталей, работающих в условиях интенсивного износа.....	175
<i>Васильков Д. М., Астапенко И. В.</i> Исследование параметров очага деформации полосы при прокатке в валках с ящичными калибрами черновой группы клетей стана 370/150 ОАО «БМЗ»	178
<i>Аль-Камали М. Ф. С. Х., Алексеенко А. А.</i> Исследование морфологии поверхности композитных золь-гель материалов методом атомно-силовой микроскопии	183
<i>Стрельченко А. В., Астапенко И. В.</i> Совершенствование калибровки валков с ящичными калибрами черновой группы клетей стана 370/150 ОАО «БМЗ».....	186
<i>Цыганович И. А., Мартьянов Ю. В.</i> Оптимизация конструкции сдвоенного кабестана с использованием компьютерного моделирования.....	189

<i>Яночкин П. С., Русыкин А. С., Москвичев М. И., Гайшун В. Е.</i> Методика получения и исследование морфологии поверхности тонкоплёночных золь-гель покрытий на основе органических соединений кремния.....	192
--	-----

Секция III. ЭНЕРГЕТИКА

<i>Shah Syed Zameer Hussain, Zalizny D. I.</i> MATLAB Simulink model of a photovoltaic cell	196
<i>Аришуков А. И., Ковальчук П. А., Овсянник А. В.</i> Тригенерация энергии в турбодетандерных фреоновых установках с использованием вторичных энергетических ресурсов на сверхкритических параметрах.....	199
<i>Базаров Ы. М., Джумаев А. Я.</i> Система энергосбережения в экспериментальном жилом доме	202
<i>Барташевич А. Н., Леневский Г. С.</i> Варианты энергоэффективных систем управления тяговым электроприводом карьерного самосвала БЕЛАЗ-75131	205
<i>Власенко Е. А., Алферова Т. В.</i> Автоматизация расчета потерь мощности частотно-управляемых асинхронных двигателей от высших гармоник напряжения	208
<i>Внукова А. О., Зализный Д. И.</i> Альтернативные источники электроэнергии на основе механических колебаний	210
<i>Адаменко П. А., Шаповалов А. В.</i> Определение параметров работы теплообменных аппаратов на основе двухфазных высокоэффективных теплопередающих устройств	213
<i>Воронович А. А., Добродей А. О.</i> Разработка программного обеспечения для выбора проводов и кабелей жилых домов	215
<i>Голод И. А., Шабловский Я. О.</i> Дизлектрический двигатель.....	218
<i>Горицкий В. В., Алферова Т. В.</i> Влияние качества электроэнергии на работу асинхронных электродвигателей	220
<i>Горох И. А., Алферова Т. В.</i> Применение современного компрессорного оборудования на нефтеперерабатывающих предприятиях.....	223
<i>Дашкевич А. А., Кузьмицкий А. М.</i> Защита системы физической защиты объектов использования атомной энергии от несанкционированных действий	225
<i>Дорохова Н. А., Шаповалов А. В.</i> Применение высокоэффективных двухфазных теплопередающих устройств в системах кондиционирования воздуха.....	228
<i>Дробов А. В., Галушко В. Н.</i> Влияние показателей качества электроэнергии на рабочие и надёжностные характеристики электрооборудования нетяговых железнодорожных потребителей	231
<i>Ечишев Н. А., Алферова Т. В.</i> Существующие способы хищения электрической энергии и способы их выявления	234
<i>Железнякова Ю. И., Кравченко А. И.</i> Фотобиологическая опасность влияния светодиодных источников света	237
<i>Змушко С. С., Бахмутская В. В.</i> Применение современных установок кипящего слоя для повышения эффективности технологического процесса ОАО «Мозырьсоль»	241
<i>Зув А. Э., Капанский А. А.</i> Повышение энергоэффективности солнечных панелей с помощью устройства отслеживания солнца	243

Клещев В. А., Бахмутская В. В. Применение тепловых завес на воротах производственных помещений в зимнее время с их предварительной автоматизацией	246
Коновалова А. А., Чечет А. Ю., Юфанова Т. С. Энергоэффективные строительные материалы	249
Корнилаев В. А., Рудченко Ю. А. Анализ опасности в трехфазных электрических сетях с применением программного продукта Multisim	252
Котов В. Н., Добродей А. О. Индукционный котел для нагрева воды	255
Котов А. С., Рудченко Ю. А. Защита воздушных линий электропередачи от однофазных коротких замыканий	257
Купцов Д. М., Евминов Л. И. Применение длинноискровых разрядников для грозозащиты распределительных воздушных линий 6–35 кВ	260
Левзикова А. Э., Елкин В. Д. Автоматизация расчета удельной мощности для различных типов светильников	263
Лелявская Ю. В., Проневич О. И. Изучение работы поляризационных светофильтров на примере светофильтра фирмы Anoder	266
Луговский А. В., Селиверстов Г. И. Система управления воздушной электропередачи переменного тока с регулируемыми параметрами	268
Мазаева Е. В., Алферова Т. В. Оценка показателей качества электроэнергии ОАО «Гомельский завод станочных узлов»	270
Максименко Д. А., Шаповалов П. С. Распределение температуры в веществе при лазерном нагреве	273
Матьякубов А. А. Исследование тепловых характеристик солнечной батареи	276
Матьякубов А. А. Оценка эффективности применения солнечных батарей в условиях Республики Беларусь	278
Михайлов В. Д., Добродей А. О. Исследование перенапряжений в сети 10 кВ при резистивном заземлении нейтрали на подстанции	281
Никитенко В. П., Овсянник А. В. Эффективность рекуперации низкопотенциального тепла уходящих дымовых газов в конденсационном теплоутилизаторе	285
Фурсанов М. И., Секацкий Д. А. Экономически обоснованный уровень технологического расхода электроэнергии в электрических сетях энергосистем ...	288
Сологубов А. П., Злотников И. И. Изучение динамики горения некоторых жидкостей в электрическом поле	291
Геращенко М. Д., Алферова Т. В. Современные источники света как средство повышения эффективности использования электроэнергии	295
Глоба Д. С., Евминов Л. И. Оценка электрического воздействия различных источников света на организм человека	298
Мамрикова А. А., Парфенков Н. С., Медведев К. М. Градуировочная характеристика эталонного солнечного элемента	301
Феськов Д. П., Елкин В. Д. Исследование коэффициента пульсации современных источников света	303
Демянчук А. А., Лось Ю. Н., Юфанова Т. С. Современные системы отопления	306
Павлюк Д. И., Алферова Т. В. Использование нейронного моделирования в электрических сетях	309
Тереня Д. А., Овсянник А. В. Биогазовый комплекс молочно-товарной фермы на 2000 голов	312

<i>Третьяков А. С., Корнеев А. А., Ленецкий Г. С.</i> Исследование энергетических характеристик вентиляльно-индукторного электропривода «ВИП-2.5/5000»	315
<i>Третьяков А. С., Капитонов О. А., Ленецкий Г. С.</i> Разработка асинхронного электродвигателя улучшенной конструкции.....	318
<i>Шелкунов Р. Г., Савельев В. А.</i> Модель матричного преобразователя частоты.....	321
<i>Себик М. А., Новиков М. Н.</i> Разработка программы энергосберегающих мероприятий для учреждений образования Гомельского района	323
<i>Бундер В. Д., Логвин В. В.</i> Влияние на точность и быстродействие позиционного электропривода с последовательно-параллельной коррекцией	325
<i>Панфилов А. М., Авакян С. Л.</i> Математические методы изучения структуры потребления топливно-энергетических ресурсов промышленных предприятий.....	326

**Секция IV. РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, АВТОМАТИКА,
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ, СВЯЗЬ**

<i>Беликова А. И., Мигдаленок А. А., Савельев А. А.</i> Управление мобильным наземным роботом в недетерминированных условиях с препятствиями.....	330
<i>Быков Н. Н., Ковалев А. В.</i> Многофункциональная операторская панель с графическим дисплеем и энергоэффективной подсветкой органов управления	332
<i>Vernikouski U., Kryshneu Y.</i> Structure of automated hydrometeorological/enviromental station in theorems-dnipro international project	335
<i>Воинов Е. В., Бышик М. А., Савельев В. А.</i> Аппаратно-программная реализация модели универсального трехкоординатного станка с числовым программным управлением.....	338
<i>Воинов Е. В., Бышик М. А., Погуляев М. Н.</i> Уменьшение влияния преобразователей на питающую сеть.....	341
<i>Войтик А. А., Сахарук А. В.</i> Разработка информационной бегущей строки с системой удаленного доступа	344
<i>Гапоненко И. В., Дорощенко И. В.</i> Имитационная модель асинхронного двигателя с фазным ротором в MATLAB SIMULINK	348
<i>Гисич В. О., Виноградов Э. М.</i> Микроконтроллерное устройство для измерения давления с USB-интерфейсом.....	350
<i>Дорощенко И. В., Тодарев В. В.</i> Исследование энергетического баланса мощности в роторной цепи электромеханических стендов на основе асинхронной машины с фазным ротором для испытания дизельных двигателей.....	353
<i>Клименко И. А., Тодарев В. В.</i> Физическое моделирование асинхронного колебательного электропривода маятникового типа с импульсным питанием.....	356
<i>Рогова К. Б., Литвинов Д. А.</i> Электронный модуль корректора бытового газового счетчика	359
<i>Drozdz M., Prystupa A.</i> Justification of hydrological observation automation in the Chernihiv region	362
<i>Миронов И. С., Крышнев Ю. В.</i> Моделирование дискриминатора со следящим порогом и компенсацией времени нарастания импульса в среде WOLFRAM MATHEMATICA	365
<i>Шпетный Е. А., Хананов В. А.</i> Интеллектуальная система освещения	368
<i>Tsimashenka Y., Kryshneu Y., Sakharuk A.</i> The control and data transfer system of the automated hydrometeorological / environmental station of the theorems-dnipro international project.....	371

<i>Ильющец Е. А., Крышнев Ю. В.</i> Принцип функционирования и передачи информации в комплексной системе контроля городского электротранспорта.....	375
<i>Ильющец Е. А., Крышнев Ю. В., Козусев Ю. А.</i> Устройство сигнализации и информирования о превышении тока утечки в системе контроля городского электротранспорта.....	377
<i>Мигай А. А., Сахарук А. В.</i> Разработка автоматизированной системы контроля за температурой и пульсом больного	379
<i>Несцярэнка М. А., Рамнёў У. А., Крышнёў Ю. В., Сахарук А. У.</i> Сістэма збору і прадстаўлення на web-сайце гідраметэаралагічнай і экалагічнай вымяральной інфармацыі	382

Секция V. ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА И ПРОМЫШЛЕННАЯ ПОЛИТИКА

<i>Брель М. В., Драгун Н. П.</i> Грейдовая система оплаты труда как метод экономического стимулирования персонала в организации.....	385
<i>Гребенькова В. С., Третьякова Е. В.</i> Зарубежный опыт управления сбытовой деятельностью предприятия.....	388
<i>Жевова А. О., Драгун Н. П.</i> Анализ конкурентоспособности продукции предприятия	391
<i>Исупова Д. А., Савченко Ю. В.</i> Экологическая составляющая устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь.....	395
<i>Корниенко О. В., Драгун Н. П.</i> Производительность труда на предприятии: оценка и направления повышения (на примере ОАО «Светлогорскхимволокно»).	398
<i>Кудравец В. В., Драгун Н. П.</i> Маркетинг промышленного предприятия в социальных сетях (на примере ОАО «Гомсельмаш»)	403
<i>Kulinkovich E. D., Muhammad Omer Nasir, Ivanovskaya I. V.</i> Improving the efficiency of repair-technical service of production by using the concept of total productive maintenance	406
<i>Маевская Т. И., Пономаренко Е. П.</i> Проблемы реализации технологии VMI на белорусских предприятиях и пути их решения	409
<i>Палева Ю. О., Волкова Ю. А.</i> Модернизация высшего образования в контексте развития экономики знаний.....	412
<i>Полякова О. И., Ивановская И. В.</i> Роль высшего руководства в организации эффективного функционирования системы менеджмента качества на предприятии (на примере ОАО «Гомельский жировой комбинат»).....	415
<i>Polyakova O., Dadra R., Ivanovskaya I. V.</i> International standards of quality in the Republic of Belarus	418
<i>Пысина А. С., Драгун Н. П.</i> Совершенствование управления качеством продукции на предприятии (на примере ОАО «Рогачевский завод «Диапроектор»)	422
<i>Руденко Р. С., Серикова Е. И., Андриянчикова М. Н.</i> Фундаментальные основы инновационной экономики Республики Беларусь	425
<i>Сыромолотова А. Д., Ивановская И. В.</i> IT-отрасль Беларуси: динамика развития и роль в национальной экономике.....	428
<i>Фролова В. В., Драгун Н. П.</i> Мотивация и демотивация персонала на предприятии. Теория и практика (на примере ОАО «8 Марта»).....	431

<i>Шведок М. А., Андриянчикова М. Н.</i> Влияние инфляции на экономическое развитие Республики Беларусь	435
<i>Шиворонкова В. А., Кондратьева Д. А., Кравченко С. В.</i> Электронно-цифровая подпись	438
<i>Шкода В. Н., Андриянчикова М. Н.</i> Университет, как основа трехмерной модели экономики	441
<i>Равковская А. П., Бондарева А. М., Телегина О. В.</i> Демовоспроизводство и деловая активность домохозяйств Гомельского региона.....	444

Секция VI. ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ В АПК

<i>Авраменко Т. А., Стасенко А. С., Ермалинская Н. В.</i> Инновационные технологии в энергетике	449
<i>Бессмертная А. А., Астраханцев С. Е.</i> Перспективы развития бережливого кузнечно-прессового производства	452
<i>Борzych Д. М., Астраханцев С. Е.</i> Перспективы и эффективность применения аддитивных технологий в металлообработке.....	455
<i>Дорохова Н. А., Ермалинская Н. В.</i> Перспективы развития солнечной энергетики в Республике Беларусь.....	457
<i>Ивкин А. Ю., Маляренко Т. А.</i> Трансформация системы закупок в энергетике Республики Беларусь: законодательное и информационное обеспечение.....	460
<i>Мельникова Т. Н., Кожевников Е. А.</i> Управление торгово-складскими запасами в организациях розничной торговли	463
<i>Руденко Р. С., Хило Я. П.</i> Интеграция образования и производства в условиях формирования инновационной экономики	466
<i>Савченко А. А., Чиж Д. А.</i> Анализ осуществления государственного контроля за использованием и охраной земель в Гомельской и Могилевской областях.....	469
<i>Царь О. Н., Хило Я. П.</i> Продвижение продукции в социальных сетях.....	472

Секция VII. МАРКЕТИНГ И КОРПОРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

<i>Амирова А., Федорович М., Лапицкая Л. М.</i> Особенности кредитования малого и среднего бизнеса ОАО «АСБ Беларусбанк»	476
<i>Богдановская О. А., Карчевская Е. Н.</i> Перспективы развития транзитного туризма в Республике Беларусь	479
<i>Бородуля А. С., Фомина А. Ю., Лапицкая Л. М.</i> Кадровый потенциал организации в современных условиях	481
<i>Гайкова А. О., Драгун Н. П.</i> Уровень организационной культуры предприятия и его влияние на удовлетворенность сотрудников	484
<i>Гао Яньцян, Лапицкая Л. М.</i> Развитие международных железнодорожных перевозок в Республике Беларусь.....	487
<i>Горовая В. А., Лапицкая О. В.</i> Автоматизация учета основных средств посредством использования «1С:БУХГАЛТЕРИЯ 7.7».....	490
<i>Грищенко К. А., Клейман В. В.</i> Современные технологии повышения эффективности работы команды	493
<i>Суслова А. А., Домород А. В., Соловьева Л. Л.</i> Выявление значимости критериев оценки конкурентоспособности санаторно-курортных хозяйств	495

<i>Дорофеева Е. Д., Исайчикова Н. И.</i> Развитие детского туризма в Республике Беларусь	499
<i>Злотникова Е. М., Рябова С. С.</i> Мотивация и ее методы социально-психологического стимулирования	502
<i>Ивлева В. В., Ланицкая О. В.</i> Состояние и перспективы развития рынка хлебобулочной продукции Республики Беларусь	504
<i>Исупова Д. А., Клейман В. В.</i> Ценностные ориентации поляков и белорусов: социологический анализ	508
<i>Кравченко М. А., Карчевская Е. Н.</i> Неоткрытый туризм Добрушского района.....	511
<i>Кудравец В. В., Клейман В. В.</i> Маркетинг в Интернет: особенности развития на белорусских предприятиях	514
<i>Машурова М. В., Соловьева Л. Л.</i> Разработка комплекса мероприятий, направленных на популяризацию белорусского спорта.....	517
<i>Москаль К. И., Карчевская Е. Н.</i> Повышение роли брендинга в формировании туристской привлекательности региона.....	520
<i>Равковская А. П., Соловьева Л. Л.</i> Использование маркетинговых коммуникаций гостиницами города Гомеля.....	523
<i>Рейбандт М. С., Семенова К. С., Карчевская Е. Н.</i> Белорусская косметика: исследование спроса	526
<i>Шандрак Д. А., Соловьева Л. Л.</i> Оценка конкурентоспособности спортивного туризма	529
<i>Шах А. В., Ланицкая О. В.</i> Формирование рекомендаций клиентам интернет-магазинов.....	532
<i>Шереш В. Н., Карчевская В. Н.</i> Использование инструментов SMM-маркетинга в продвижении продукции пищевой промышленности	535
<i>Яшкова О. В., Соловьева Л. Л.</i> Продвижение предприятий розничной торговли в сети Интернет.....	538

Секция VIII. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

<i>Давидовский Д. А., Масалитина Н. Н.</i> Автоматизированная система классификации изображений тканей паразитовидной железы на основе сверточной нейронной сети.....	542
<i>Алесина Н. К., Журавлев В. А.</i> Использование веб-сайтов производственных организаций для повышения эффективности работы на рынке товаров и услуг	545
<i>Анкуда Н. О., Кондратьева Н. А.</i> Применение пакета 3D Max для создания многомерных изображений медицинского и биологического назначения	548
<i>Антюшеня А. В., Самовендюк Н. В.</i> Автоматизированная система управления микроклиматом в производственных и офисных помещениях	551
<i>Белашов Н. М., Мурашко В. С.</i> Программная реализация 3D-модели «ВАЛ» на AutoLISP.....	554
<i>Володарец Н. В.</i> Разработка и создание имитационной модели для оптимизации дорожного движения в транспортном узле с учетом условий эксплуатации.....	557
<i>Мельникова А. Д., Мурашко В. С.</i> Разработка программного средства для построения математической модели элементов технологических процессов ...	559

<i>Савицкий В. О., Трохова Т. А.</i> Автоматизированная система мониторинга ремонта нефтяных скважин.....	561
<i>Миргород Ю. С., Салькевич Я. А., Качан С. М.</i> Разработка программы «Gamma-Fit» для анализа гамма-спектров сцинтиляционных спектрометров	564
<i>Строганова И. А., Стефанович Л. И.</i> Методы моделирования в экономических исследованиях.....	568
<i>Татуревич И. Ю., Кравченко О. А.</i> Методика семантического анализа текста с использованием наивного байесовского классификатора.....	571
<i>Янкина Я. В., Кондратьева Н. А.</i> Решение задачи о размножении бактерий с помощью инженерного пакета MathCad	574
<i>Дроздов П. Ю., Косинов Г. П.</i> Разработка программного комплекса по агрегированию мероприятий с использованием NodeJS и Angular 2	578
<i>Ермоленко В. А., Каминская Е. С., Кравченко А. И.</i> Особенности использования системы Moodle 3.4 для проверки знаний по физике	580

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

ЗАКОНОМЕРНОСТИ И ТЕНДЕНЦИИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Г. А. Рудченко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. А. Наумчик

Введение. Эффективное функционирование белорусского АПК подразумевает рациональное использование всех ресурсов, имеющихся в распоряжении хозяйствующих субъектов аграрного сектора экономики. Наиболее важными для отечественных сельхозпроизводителей задачами являются осуществление энергосберегающих мероприятий и поиск альтернативных вариантов обеспечения энергией. В связи с этим особый интерес представляет изучение тенденций и закономерностей энергосбережения в аграрном секторе Республики Беларусь.

Целями проводимых нами исследований стали: изучение эволюции энергосбережения в аграрном секторе; анализ текущего состояния в сфере энергосбережения в АПК Республики Беларусь; идентификация перспективных направлений энергосберегающей деятельности хозяйствующих субъектов агробизнеса.

Основная часть. Для построения хронологии и выявления тенденций протекания процессов в сфере энергосбережения в аграрном секторе Беларуси нами исследованы этапы, приоритеты развития и результаты реализуемых мер в области энергосбережения. Хронологический период включает промежуток развития аграрного сектора с 1900 г. по настоящее время.

Исследователями в области экономической истории Беларуси [1] определены временные интервалы, а также дано название соответствующего этапа, что послужило основой периодизации развития белорусского аграрного сектора. Исследование хронологии развития отечественного АПК позволило выделить ряд исторических этапов, на которых актуализировались вопросы энергосбережения. Результаты исследования представлены в табл. 1.

Таблица 1

Этапы и приоритеты в области энергосбережения в АПК Беларуси

Исторический период	Приоритеты в области энергосбережения
Период первых пятилеток и становления тоталитарного режима: 1928 – июнь 1941 гг.	<ul style="list-style-type: none">• Экономия топлива и электроэнергии.• Массовое строительство мелких колхозных гидростанций, ветросиловых и газогенераторных электростанций на местном топливе
Послевоенные годы: 1946–1950 гг.	<ul style="list-style-type: none">• Развитие сельской электрификации на базе строительства сельских гидро- и теплоэлектростанций (на местном топливе).• Строительство межколхозных гидроэлектростанций укрупненной мощности

Исторический период	Приоритеты в области энергосбережения
Период реформирования в 50–60-е годы XX в.	<ul style="list-style-type: none"> • Завершение электрификации всех колхозов и совхозов. • Увеличение протяженности электросетей в сельских районах. • Повышение удельного веса централизованного электроснабжения колхозов и совхозов от государственных энергосистем и электростанций
Период развития в 1970 – первой половине 1980-х гг.	<ul style="list-style-type: none"> • Повышение эффективности использования материальных ресурсов, в том числе энергетических. • Совершенствование системы нормирования и учета расхода топлива, энергии, обеспечение экономии котельно-печного топлива, электрической и тепловой энергии
Начало перехода к рыночным отношениям: 1985–1990-е гг.	<ul style="list-style-type: none"> • Проведение энергосберегающей политики. • Повышение надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей

Примечание. Таблица составлена автором на основе материалов [2]–[5].

Таким образом, ретроспективный анализ энергосберегающей политики в аграрном секторе Беларуси позволил выявить следующие особенности, характерные для нашей страны в период существования в составе Советского государства:

- во-первых, законы и правительственные постановления, относящиеся к практической реализации энергосберегающей деятельности и повышению энергоэффективности, фактически не действовали, носили декларативный характер;
- во-вторых, снабжение дешевыми ресурсами порождало бесхозяйственное к ним отношение и неэффективное использование;
- в-третьих, на протяжении всего исторического периода отсутствовал строгий спрос на рациональное использование материальных, в том числе энергетических ресурсов.

На рассмотренном историческом этапе происходит концентрация мощностей на крупных электростанциях и централизация энергоснабжения потребителей, в том числе и сельских. Приоритет в период существования Советского государства отдавался возведению крупных энергетических объектов, развитию энергетической инфраструктуры и централизации энергоснабжения (рис. 1).

После обретения Республикой Беларусь государственного суверенитета целенаправленная политика в области энергосбережения стала осуществляться с 1996 г. Начали разрабатываться и реализовываться республиканские, региональные и отраслевые программы энергосбережения, совершенствоваться нормативно-правовая база.

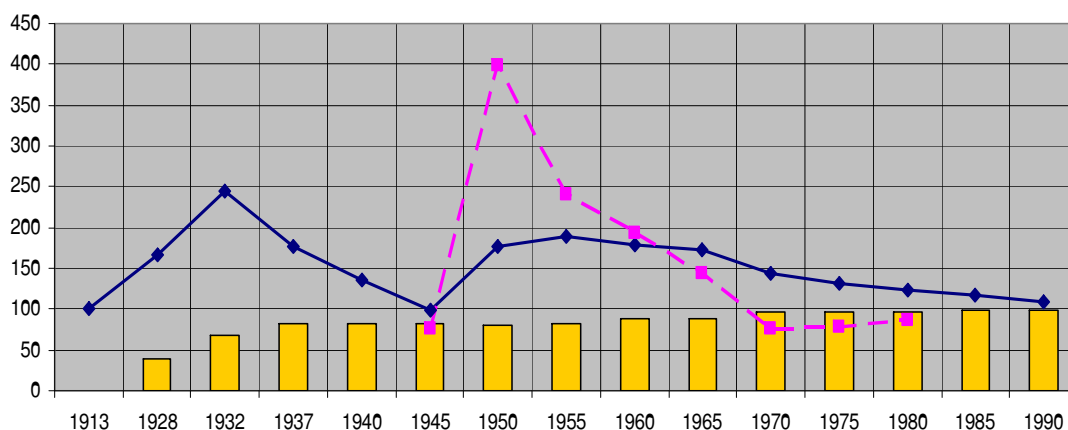


Рис. 1. Хронология развития энергетической базы СССР и БССР в период с 1913 по 1990 гг.

■ – коэффициент централизации производства электроэнергии;
 ◆ – темп роста установленной мощности электростанций по отношению к предшествующему периоду? %; ■ – темп роста установленной мощности сельских электростанций по отношению к предшествующему периоду, %

Примечание. Рисунок составлен автором на основе материалов [6]–[7].

Динамика выполнения директивных показателей по энергосбережению организациями Министерства сельского хозяйства и продовольствия иллюстрируется данными табл. 2.

Таблица 2

Выполнение директивных показателей по энергосбережению организациями Министерства сельского хозяйства и продовольствия за 2016–2017 гг.

Наименование показателя	2016		2017	
	план	факт	план	факт
Целевой показатель по энергосбережению, %	-5,0	-5,4	-5,1	-5,9
Доля использования местных ТЭР в котельно-печном топливе, %	7,1	7,2	7,5	6,9
Экономия светлых нефтепродуктов, %	5,0	5,1	5,0	5,5
Доля возобновляемых источников энергии котельно-печном топливе, %	6,4	6,3	6,8	5,8
Объем экономии ТЭР, тыс. т у. т.	2,2	2,135	1,739	1,656
Количество мероприятий в области энергосбережения	159	94	167	158

Примечание. Таблица составлена автором на основе материалов [8].

Нами систематизированы ключевые мероприятия по энергосбережению, предусмотренные основными положениями Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г. [9], а также Государственной программы «Энергосбережение» на 2016–2020 гг. [10]. В частности, для сельского хозяйства определены следующие приоритеты в области энергосбережения на период 2016–2020 гг.:

- реализация комплексного подхода к энергоснабжению агрогородков за счет внедрения в сельскохозяйственных организациях электрогенерирующих установок на местных видах топлива;
- использование соломы в энергетических целях;
- применение гелиоводонагревателей;
- модернизации зерносушилок с укомплектованием их теплогенераторами на местных видах топлива;
- внедрение тепловых насосов для использования низкопотенциальных вторичных энергоресурсов и геотермальной энергии;
- строительство локальных биогазовых комплексов в сельскохозяйственных организациях, занимающихся производством крупного рогатого скота, свиней и птицы;
- модернизация животноводческих комплексов с переходом на новые энергоэффективные технологии.

Развитие возобновляемых источников энергии – часть национальной политики Беларуси в сфере энергоснабжения, энергосбережения и энергобезопасности и в сфере защиты окружающей среды и предотвращения изменений климата. Географическое размещение объектов представлено на рис. 2.

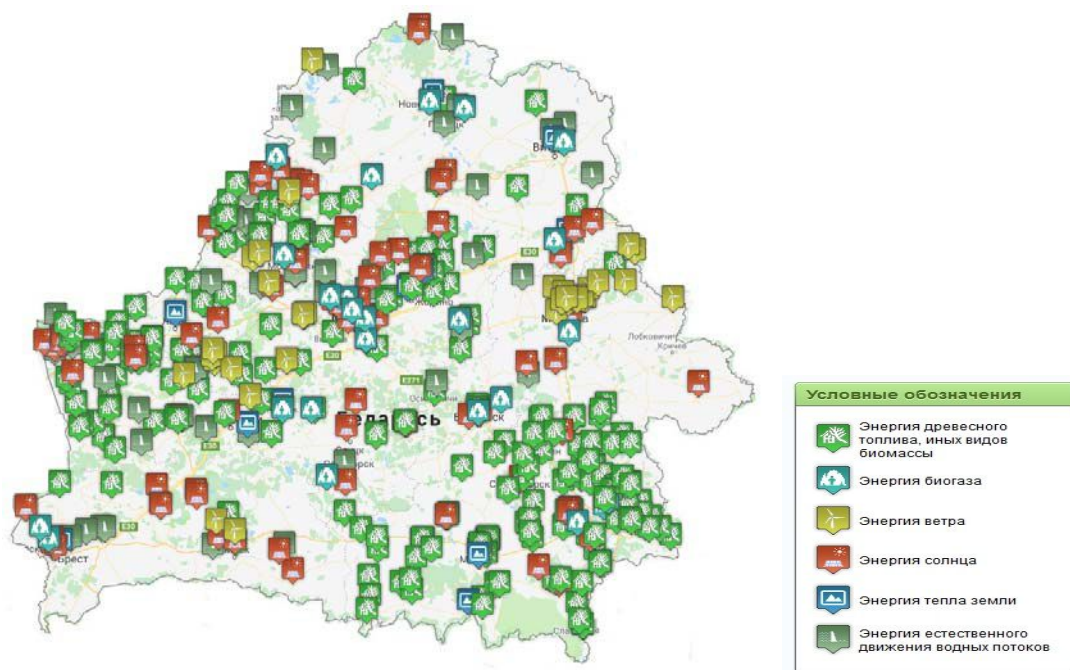


Рис. 2. Территориальное размещение установок по использованию возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь на 25.04.2018 г.

Примечание. Рисунок составлен автором на основе материалов [11].

Системы генерации энергии на основе применения возобновляемых источников энергии в настоящее время фрагментарно присутствуют во всех сферах экономики Республики Беларусь. Информация о количестве и установленной мощности генерирующих объектов на основе возобновляемых источников энергии представлена в табл. 3.

Таблица 3

**Установки возобновляемых источников энергии
в Республике Беларусь (на 25.04.2018 г.)**

Вид установки ВИЭ	Количество установок в Республике Беларусь/ установленная мощность	Количество установок в аграрном секторе/ установленная мощность
Установки, использующие древесное топливо и биомассу	387/1031,24 МВт	1/3,488 МВт
Биогазовые установки	36/40,29 МВт	13/15,061 МВт
Гидроэлектростанции	63/96,65 МВт	4/0,465 МВт
Ветроэнергетические установки	88/88,07 МВт	–
Тепловые насосы	25/2,72 МВт	3/1,04 МВт
Фотоэлектрические станции	124/187,3 МВт	9/2,903 МВт

Примечание. Таблица составлена автором на основе материалов [11].

По материалам исследований таких авторов, как [12]–[15] нами выявлены основные преимущества и недостатки систем генерации энергии, применяющих в качестве первичного источника ВИЭ (табл. 4).

Таблица 4

**Преимущества и недостатки систем генерации энергии
на основе возобновляемых источников энергии**

Преимущества	Недостатки
1. Экологичность: меньшее негативное влияние на окружающую природную среду; отсутствие выбросов загрязняющих веществ, теплового загрязнения	1. Энергетические установки на основе возобновляемых источников энергии не обеспечивают гарантированного энергообеспечения
2. Возобновляемость, широкая распространенность и доступность	2. Высокая стоимость разработки, приобретения оборудования, монтажа, наладки и обслуживания
3. Автономность: возможность снабжать энергией потребителей, не присоединенных к распределительным сетям централизованных источников энергии	3. Низкая плотность потока и нерегулярность поступления энергии приводят к колебаниям выходной мощности и неравномерности выработки электроэнергии.
4. Приближение объектов генерации к объектам потребления, позволяя сократить потери энергии, связанные с ее транспортировкой и распределением	4. В большинстве случаев энергия альтернативных источников носит рассеянный характер и характеризуется небольшой плотностью энергетических потоков, что ведет к необходимости больших габаритов энергоустановок
5. Применение возобновляемых источников энергии позволяет использовать углеводородное сырье в других отраслях экономики (в нефте- и газохимии)	5. Альтернативные электростанции нередко проигрывают традиционным по экономическим показателям

Окончание табл. 4

Преимущества	Недостатки
6. В большинстве случаев электростанции, работающие на основе возобновляемых источников энергии, легко автоматизируются и могут работать без прямого участия человека	6. Необходимость резервировать мощностями традиционной энергетики (для нестабильных источников энергии, таких как солнце, ветер)
7. Низкая вероятность техногенных катастроф	7. Сооружение сложной дорогой инфраструктуры для получения электрической энергии от других производителей

В настоящее время в Республике Беларусь имеются удачные примеры работы объектов децентрализованной энергетики на основе возобновляемых источников энергии. Однако широкому практическому применению децентрализованных источников энергии на базе возобновляемых источников энергии препятствует ряд барьеров. На основе изучения источников [13], [16], [17] нами установлены следующие барьеры, сдерживающие развитие источников собственной генерации (табл. 5).

Таблица 5

Барьеры развития децентрализованных источников энергии

Барьеры	Характеристика
Технические	Отсутствие коммерческого производства необходимого оборудования, обеспечивающего гарантированное эффективное энергоснабжение
Экономические	Относительно высокая стоимость оборудования для использования возобновляемых источников энергии, низкий платежеспособный спрос
Правовые	Недостатки законодательных и нормативных актов, регулирующих поставку и продажу энергии от возобновляемых источников энергии
Информационные	Недостаточность информации о коммерчески зрелых технологиях, предлагаемых рынком, их преимуществах, особенностях и способах применения
Общественно-психологические	Убежденность в более эффективном функционировании крупных электростанций и единичных мощностей энергоустановок

Заключение. Таким образом, снижение энергоемкости производства в аграрном секторе невозможно без экономии топливно-энергетических ресурсов, освоения новых видов топлива и энергии, разработки и внедрения энергоэкономных технологий и техники, рационализации и модернизации систем обеспечения топливом и электрической энергией, включая широкое использование децентрализованных систем, местных и возобновляемых энергоресурсов.

Дальнейшая реализация мер по поддержке применения ВИЭ, совершенствование государственной поддержки, разработка механизмов функционирования такого рода объектов будет способствовать продолжению имеющейся тенденции по применению децентрализованных источников энергии у потребителя.

Литература

1. Экономическая история Беларуси : учеб. пособие / В. И. Голубович [и др.] ; под ред. проф. В. И. Голубовича. – 5-е изд. – Минск : Соврем. шк., 2007. – 392 с.

2. Восемьдесят лет развития энергетики. От плана ГОЭЛРО к реструктуризации РАО «ЕЭС России» / А. Б. Чубайс [и др.] ; под общ. ред. А. Б. Чубайса. – М. : Информэнерго, 2000. – 528 с.
3. Лапаева, М. Г. Основные этапы формирования и развития топливно-энергетического комплекса в России / М. Г. Лапаева, О. Ф. Лапаева // Вестн. ОГУ. – 2004. – № 8. – С. 4–12.
4. Давыдова, Л. Р. Энергетика: пути развития и перспективы / Л. Р. Давыдова, А. А. Буряк. – М. : Наука, 1981. – 120 с.
5. Становление энергетики Беларуси. Путь длиною в жизнь // Энергет. стратегия. – 2011. – № 2. – С. 20–29.
6. Народное хозяйство СССР за 70 лет : юбилейн. стат. ежегодник / Госкомстатиздат СССР. – М. : Финансы и статистика, 1987. – 766 с.
7. Народное хозяйство СССР в 1990 г. : стат. ежегодник / Госкомстатиздат СССР. – М. : Финансы и статистика, 1991. – 752 с.
8. Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://energoeffekt.gov.by/>. – Дата доступа: 25.04.2018.
9. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года / М-во экономики Респ. Беларусь. – Режим доступа: <http://www.economy.gov.by/uploads/files/NSUR2030/Natsionalnaja-strategija-ustojchivogo-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitija-Respubliki-Belarus-na-period-do-2030-goda.pdf>. – Дата доступа: 20.04.2018.
10. Государственная программа «Энергосбережение» на 2016–2020 годы / Департамент по энергоэффективности Гос. ком. по стандартизации Респ. Беларусь. – Режим доступа: <http://energoeffekt.gov.by/programs/govprogram20162020/2817-2016-2020>. – Дата доступа: 20.04.2018.
11. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.ipps.by:9083/apex/f?p=105:2:3979983845443874::NO>. – Дата доступа: 25.04.2018.
12. Гасникова, А. А. Роль традиционной и альтернативной энергетики в регионах Севера / А. А. Гасникова // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2013. – 5 (29). – С. 77–88.
13. Васьков, А. Г. Оптимизация структуры гибридных энергетических комплексов с потребителями различного типа / А. Г. Васьков, М. Г. Тягунов // Энергетик. – 2013. – № 6. – С. 97–100.
14. Шеповалова, О. В. Использование возобновляемых источников энергии в комплексных системах энергообеспечения сельских зданий / О. В. Шеповалова // Ползун. вестн. – 2011. – № 2/2. – С. 175–180.
15. Безруких, П. П. Возобновляемая энергетика: стратегия, ресурсы, технологии / П. П. Безруких, Д. С. Стребков. – М. : ГНУ ВИЭСХ, 2005. – 264 с.
16. Родионов, В. Г. Энергетика: проблемы настоящего и возможности будущего / В. Г. Родионов. – М. : ЭНАС, 2010. – 352 с.
17. Дьяков, А. Ф. Эффективное использование местных и возобновляемых энергоресурсов – важная задача улучшения энергоснабжения, повышения энергобезопасности страны и надежный задел энергетики будущего / А. Ф. Дьяков, Э. М. Перминов // Энергетик. – 2014. – № 2. – С. 3–9.

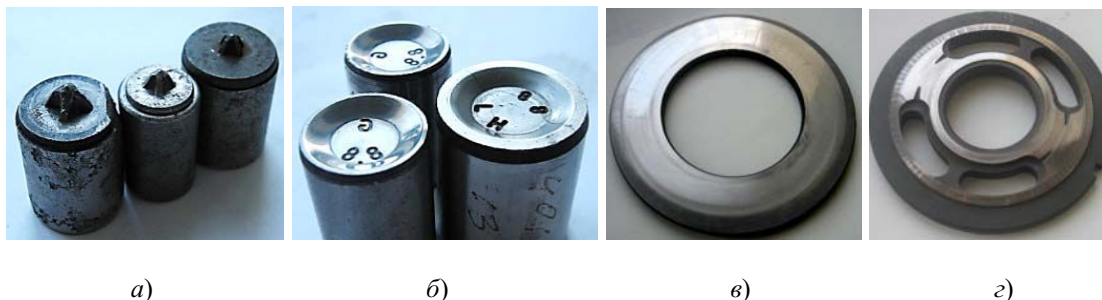
**ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ
ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ КОНСТРУКЦИОННЫХ
СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТЫХ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ
ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ИЗ НИХ ХОЛОДНОВЫСАДОЧНОГО
ИНСТРУМЕНТА**

И. Н. Степанкин, Е. П. Поздняков

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Приоритетным направлением экономического развития Республики Беларусь является импортозамещение, что позволяет минимизировать риски, связанные с поставкой материалов и оборудования из-за рубежа, а также обеспечить рабочие места

и повысить стабильность работы отечественных предприятий. Одним из материалов, поставляемых из-за рубежа, является сталь X12M, широко применяемая в штамповом производстве, а также для изготовления деталей машин трения (рис. 1). Наряду с высокой твердостью, прочностью и износостойкостью этот сплав обладает рядом недостатков: высокая стоимость и отсутствие производства на территории Республики Беларусь; пониженная технологическая обрабатываемость; карбидная ликвация в структуре крупных заготовок, провоцирующая образование начальных трещин на этапе формирования давлением сложной гравюры инструмента.



а)

б)

в)

г)

Рис. 1. Примеры деталей, традиционно изготавливаемых из стали X12M:
а, б – холодновысадочные пуансоны для окончательного формирования головки метизов; в, г – детали аксиально-поршневых насосов

Известно, что для изготовления мелкогабаритных холодновысадочных пуансонов могут быть выбраны альтернативные материалы – инструментальные стали У8А, 9ХС и др. [1]–[3]. Оригинальные исследования, проведенные на кафедре «Материаловедение в машиностроении», позволяют рассматривать в качестве инструментальных материалов низколегированные конструкционные стали 35ХГСА и 40Х с поверхностно-упрочненными слоями.

Замена материала проведена после исследования напряженно-деформированного состояния рабочих поверхностей реальной штамповой оснастки. Показано, что максимальные эквивалентные напряжения и эквивалентные деформации на рабочей поверхности пуансонов для получения крестообразного шлица в головке шурупа-самореза возникают на кромке выступающей части гравюры, а максимальные касательные напряжения концентрируются в той же области, но в подповерхностном слое. Такое напряженно-деформированное состояние приводит к формированию трещин контактной усталости под поверхностью и скалыванию выступающей части гравюры. На рабочей поверхности пуансонов для нанесения маркировки на головки болтов максимальные эквивалентные и касательные напряжения, а также эквивалентные деформации сосредоточены в области элементов, формирующих точку, буквы и цифры. Как показали производственные испытания, именно в данной области образуются трещины контактной усталости (рис. 2).

Критерием замены инструментальных сталей конструкционными низколегированными с поверхностно-модифицированными слоями послужили испытания на изнашивание при действии одинаковых по величине пульсирующих контактных напряжений. Для установления зависимостей изнашивания инструментальных сталей У8А и 9ХС проведены исследования при напряжениях, соответствующих эксплуатационным условиям работы холодновысадочных пуансонов [4] на установке, разработанной коллективом авторов кафедры [5]. Анализ зависимостей изнашивания стали У8А при напряжениях 1300 ± 65 МПа (рис. 3, а) показал, что наибольшей стойкостью к устало-

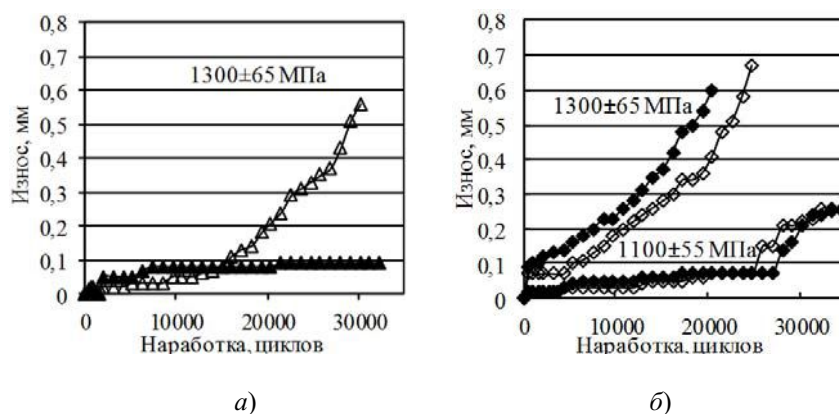
стному изнашиванию обладают термоупрочненные образцы без охлаждения до температуры ниже конца мартенситных превращений. При исследовании на усталость стали 9ХС установлено, что при аналогичных напряжениях этап высокой стойкости отсутствует, что связано с повышенным содержанием кремния. Изнашивание всех партий инструментальных сталей происходит за счет усталостного выкрашивания и отслаивания тонких поверхностных слоев деформированного сплава.



а)

б)

Рис. 2. Дефекты на рабочей поверхности пуансонов:
а – для формирования крестообразного шлица в головке шурупа-самореза; б – окончательного формирования головки болта



а)

б)

Рис. 3. Величина износа от числа циклов нагружения инструментальных сталей:
▲ – У8А; △ – У8А с криогенной обработкой;
◆ – 9ХС; ◇ – 9ХС с криогенной обработкой

Высокая износостойкость исследованных инструментальных сталей оказывается их безусловным преимуществом. Однако не менее важной характеристикой штамповой стали является ее пластичность в холодном состоянии. Это свойство обеспечивает получение качественной гравюры сложнопрофильного инструмента. Проведенные исследования по осадке показали, что низкая пластичность инструментальных сталей вынуждала разбивать процесс выдавливания на два перехода для сталей У8А и 9ХС и три-четыре перехода для стали Х12М. Осуществление промежуточных отжигов в защитной атмосфере, обеспечивающих восстановление пластичности сталей, существенно повысило себестоимость изготовления единицы инструмента. Кроме этого выявлено, что выдавливание рабочей поверхности при использовании стали Х12М сопровождается разрушением крупных карбидов, что формирует трещины на стадии изготовления инструмента.

Результаты, полученные при испытании конструкционных сталей 35ХГСА и 40Х показали, что графики, описывающие их осадку, близки к аналогичным зависимостям инструментальных сталей. Анализ структурных изменений после осадки показал, что наличие пластичной фазы – феррита – способствует равномерному распределению внешней нагрузки по всему деформируемому объему. Это позволяет сформировать качественную рабочую поверхность отделочных пуансонов всего за один переход выдавливания.

Для повышения стойкости пуансонов из конструкционных сталей проводили термодиффузионное упрочнение, заключающееся в цементации или нитроцементации при температуре 920 °С в течение 8-ми или 12-ти часов с последующей закалкой и низким отпуском. Половина всех партий образцов после закалки подвергалась криогенной обработке.

При испытании сталей 35ХГСА и 40Х с упрочненными слоями на контактную усталость при напряжениях 1300 ± 65 МПа получены кривые износа, на которых отмечены три этапа изнашивания (рис. 4). Определено, что наибольшим сопротивлением к изнашиванию обладают термоупрочненные слои стали 40Х после 8-часовой цементации и стали 35ХГСА после 12-часовой. В данных слоях количество остаточного аустенита составило 10 % для слоя стали 35ХГСА и 17 % для слоя стали 40Х, а доля карбидов не превышает 15 %.

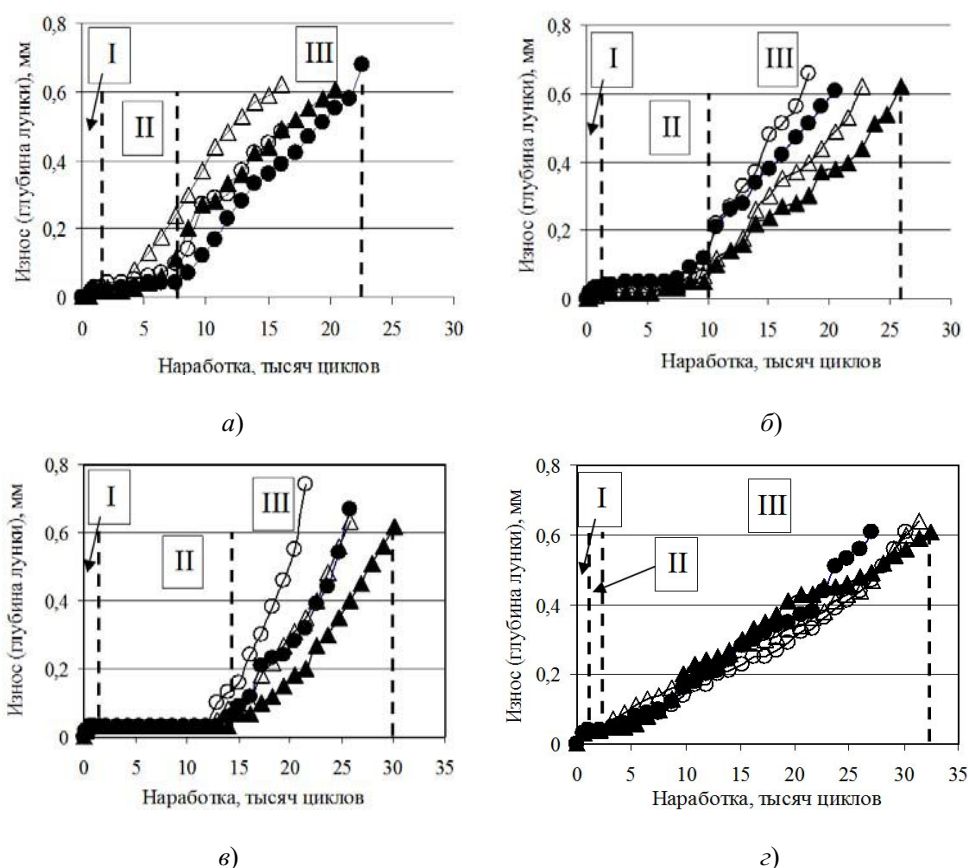
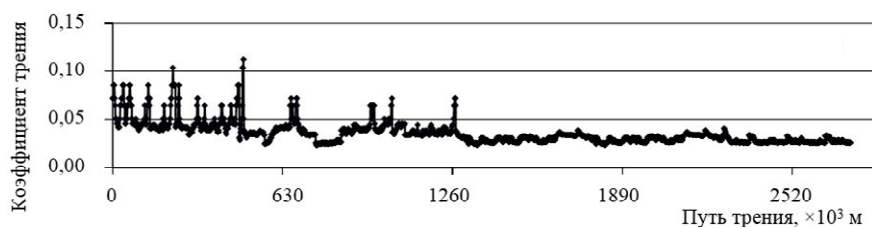


Рис. 4. Кривые износа образцов из конструкционных сталей при амплитуде контактных напряжений 1300 ± 65 МПа:

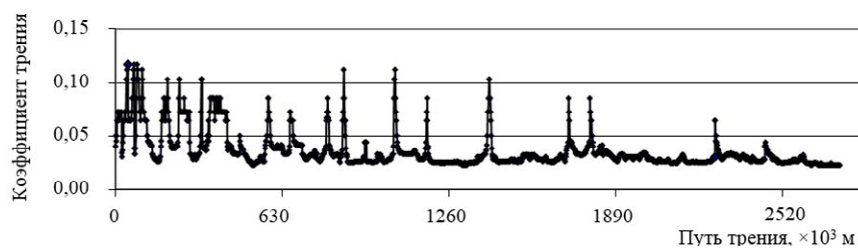
I, II, III – этапы изнашивания: а, в – 8 часов; б, г – 12 часов; а, б – 35ХГСА; в, г – 40Х; ● – нитроцементация; ○ – нитроцементация с криогенной обработкой; ▲ – цементация; △ – цементация с криогенной обработкой

Технологические принципы замены высоколегированной стали X12M на среднеуглеродистые низколегированные стали 35ХГСА и 40Х с модифицированными слоями явились основанием для возможности изготовления деталей аксиально-поршневых насосов, работающих в условиях трения скольжения со смазкой. Осмотр поверхности термообработанных и прошедших длительные испытания опорных и распределительных дисков позволил установить дефекты, которые стали причиной нестабильной работы узла в процессе всей его работы: термические трещины, износ и массоперенос материала контртела.

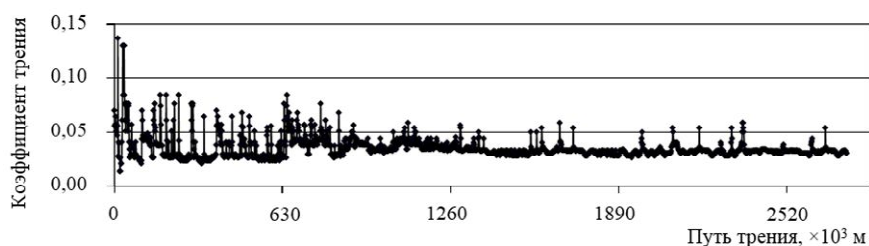
В результате проведенных исследований в условиях трения-скольжения при режимах, соответствующих эксплуатационным условиям работы дисков, были получены графики зависимости коэффициента трения от пути трения. Их анализ установил, что минимальным коэффициентом трения, после этапа приработки, обладает пара трения «науглероженный слой стали 35ХГСА – бронза БрАЖ9-4» (рис. 5, а). Для пар трения «сталь X12М – бронза БрАЖ9-4» (рис. 5, б) и «науглероженный слой стали 40Х – бронза БрАЖ9-4» (рис. 5, в) характерно появление пиковых значений коэффициента трения на всех этапах испытания из-за наличия большого содержания карбидной фазы. Карбиды являются очагами массопереноса медного сплава и с увеличением наработки данные участки массопереноса разрастаются и объединяются. После окончательного шлифования диска в заэвтектоидном слое стали 35ХГСА доля карбидной фазы не превышает 5 %, что подтверждается стабилизацией коэффициента трения на графике (рис. 5, а).



а)



б)



в)

Рис. 5. Коэффициент трения от пути трения сталей в паре с бронзой БрАЖ9-4:
а – сталь 35ХГСА; б – сталь X12М; в – сталь 40Х

В настоящее время на кафедре «Материаловедение в машиностроении» проводятся исследования в отношении структурообразования и определения механических и эксплуатационных характеристик новых марок сталей, производимых ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» для стран Европейского Союза. К этим сталям относятся низкоуглеродистая 16CrMnS5 и среднеуглеродистая 42CrMoS4. Их свойства недостаточно изучены, что сдерживает внедрение данных сплавов на машиностроительных предприятиях Республики Беларусь. Более детальное изучение свойств новых сталей может позволить произвести замену традиционно применяемых сталей, что повысит качество их плавки и отразится на улучшении экономического состояния Республики Беларусь.

Разработанные рекомендации диффузионного упрочнения конструкционных сталей 35ХГСА и 40Х, заключающиеся в проведении цементации при температуре 920 °С в течение 8-ми ч для стали 40Х и 12-ти ч для стали 35ХГСА, закалке в масле с 860 °С и отпуске при 200 °С в течение 1 ч, использованы при изготовлении отделочных пуансонов холодного выдавливания 171.1461.4010/061, 171.1461.4200/061, 171.1461.0003/053, 617.1469.7008/052, 171.1460.4016/064 в количестве 250 шт., а также опорных А1-56/25.00.006 и распределительных А1-56/25.00.007 дисков аксиально-поршневых насосов в количестве 1500 шт., изготовленных из стали 35ХГСА и упрочненных посредством цементации при температуре 920 °С в течение 8-ми ч, закалкой в масле с 860 °С и отпуском при 200 °С в течение 1 ч. Проведена опытно-промышленная апробация отделочных пуансонов на ОАО «ГЗЛиН», которая показала повышение их стойкости в 2,7–3,2 раза по сравнению с аналогичными пуансонами, первоначально изготавливаемыми из инструментальной высоколегированной стали Х12М, а также дисков аксиально-поршневых насосов на ООО «Хорда-Гидравлика». При потреблении ОАО «ГЗЛиН» 250 шт. и ООО «Хорда-Гидравлика» 1500 шт. деталей предполагаемый годовой экономический эффект превысит 5000 белорусских рублей. Реализация результатов исследований перспективна на предприятиях по производству метизной продукции, деталей пар трения гидравлических насосов, а также для организации лабораторно-методической работы в учреждениях высшего образования по дисциплинам «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов», «Специальные главы инженерного материаловедения» и «Материаловедение».

Литература

1. Геллер, Ю. А. Инструментальные стали : справочник / Ю. А. Геллер. – М. : Металлургия, 1984. – 584 с.
2. Артингер, И. Инструментальные стали и их термическая обработка : справочник / И. Артингер. – М. : Металлургия, 1982. – 312 с.
3. Гуляев, А. П. Инструментальные стали : справочник / А. П. Гуляев, К. А. Малинина, С. М. Саверина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1975. – 272 с.
4. Степанкин, И. Н. Стойкость холодновысадочной оснастки и методы ее повышения / И. Н. Степанкин, В. М. Кенько. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2014. – 197 с. : ил.
5. Устройство для испытания на контактную усталость и износ: полезная модель 7093 U Респ. Беларусь : МПК G 01N 3/00 / И. Н. Степанкин, В. М. Кенько, И. А. Панкратов ; дата публ.: 28.02.2011.

СЕКЦИЯ I МАШИНОСТРОЕНИЕ

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА ВЕРТИКАЛЬНОГО ИСПОЛНЕНИЯ ДЛЯ ГОРОДСКОГО КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

В. В. Артемьев

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Ю. А. Андреевец

Жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) представляет собой сложный комплекс разнообразных предприятий, служб, как правило, взаимосвязанных между собой, оказывающих услуги или производящих продукцию. В состав его входят две крупнейшие отрасли: жилищное и коммунальное хозяйство.

В состав коммунального хозяйства входят [1]: санитарно-технические службы и предприятия (водопровод, канализация, служба очистки и уборки в городах); энергетическое хозяйство (газо- и электроснабжение, теплофикационные службы); хозяйство внешнего благоустройства (дорожно-мостовое, зеленое строительство, служба освещения); транспортное хозяйство.

Для примера применения динамических насосов рассмотрим коммунальное хозяйство города Минска (ПО «Минскводоканал»). В состав объединения входит пять управлений: «Минскводопровод», управление эксплуатации Вилейско-Минской водной системы и др. Система водоотведения включает свыше 1220 км сетей канализации, 37 станций перекачки сточных вод, Минскую станцию аэрации. Обеспечение жилых домов теплом и горячей водой, эксплуатацию и ремонт квартальных теплосетей и местных котельных осуществляет «Минсккоммунтеплосеть».

Проектирование и расчет водопроводных, канализационных и других сетей основывается на нормах, которые определяют необходимый расход насосов (табл. 1).

Таблица 1

Нормы расхода воды

Водопотребитель	Норма расхода воды на 1 чел.	
	л/сут.	л/ч
Жилые дома с водопроводом и канализацией без ванн	120	6,5
То же с газоснабжением	150	7
С водопроводом, канализацией и ваннами с водонагревателями на твердом топливе	180	8,1
С газовыми водонагревателями	225	10,5
То же с быстродействующими газовыми водонагревателями	250	13
С централизованным горячим водоснабжением, с умывальниками, мойками и душами	230	12,5
Водопользование из водоразборных колонок без ввода в дом	40	—

Минимальный свободный напор в сети водопровода населенного пункта при максимальном хозяйственно-питьевом водопотреблении на вводе в здание над поверхностью земли должен приниматься при одноэтажной застройке не менее 10 м, при большей этажности на каждый этаж следует добавлять 4 м [2]. Таким образом можно определить напор для многоэтажных домов в соответствии с табл. 2.

Таблица 2

Напор насоса, подаваемый на каждый этаж 14-этажного дома

Этажи	Напор, м
1–5	10–25
5–9	25–40
10–14	45–70

Для водоотведения и канализации насосы должны изготавливаться со следующими расходами и подачами [3]: расход 5–360 м³/ч; напор 10–90 м.

Альтернативой применения центробежных насосов горизонтального исполнения могут быть центробежные насосы вертикального исполнения, которые создают высокие напоры и могут перекачивать большие объемы жидкостей различного вида и загрязненности.

Центробежные вертикальные насосы имеют различные конструктивные исполнения и подразделяются по нескольким критериям [3]–[6]:

- 1) по напору: среднего напора (40–79 м); высокого напора (до 1500 м);
- 2) по количеству ступеней: одноступенчатые (подача от 3000 до 6500 м³/ч, напор 18–72 м) и многоступенчатые (напор до 260 м и подача до 16 м³/ч);
- 3) по количеству входов на рабочее колесо: с односторонним входом (подача от 3000 до 650 м³/ч, напор 18–72 м) и с двусторонним входом (подача от 2700 до 6500 м³/ч, напор 40–79 м);
- 4) по виду перекачиваемой жидкости: водяные, дренажные, химические;
- 5) по виду погружения: поверхностный, полупогружной и погружной насос;
- 6) по виду соединения с электродвигателем: прямоприводные (подача до 455 м³/ч, напор до 120 м); редукторные (подача до 20 м³/ч, напор до 120 м); со шкивом (подача до 50 м³/ч, напор до 120 м).

Типовая конструкция центробежного вертикального насоса одноступенчатого с рабочим колесом одностороннего входа представлена на рис. 1.

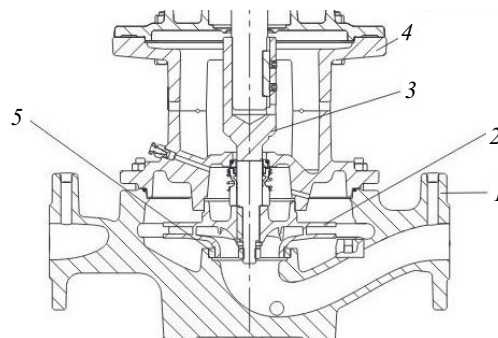


Рис. 1. Устройство вертикального центробежного насоса:
1 – входной патрубок; 2 – рабочее колесо; 3 – вал;
4 – опора двигателя; 5 – компенсационное кольцо

В целом центробежные вертикальные насосы охватывают большой диапазон областей применения и зависят, в том числе, от расположения насоса относительно уровня жидкости (рис. 2) в приемном резервуаре (табл. 3).

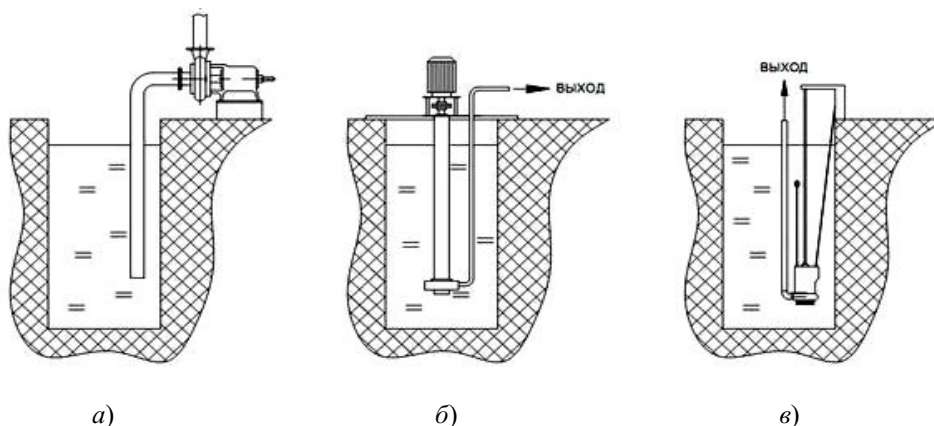


Рис. 2. Установка насосов относительно уровня жидкости:
а – поверхностный; б – полупогружной; в – погружной

Таблица 3

Сравнительная характеристика центробежных вертикальных насосов

Параметры сравнения	Полупогружной насос	Погружной насос
Надежность	Высокая, так как мотор и торцевые уплотнения не соприкасаются с жидкостью, не испытывают химический износ и нет опасности попадания жидкости в мотор	Меньше, так как мотор и торцевые уплотнения соприкасаются с жидкостью и испытывают химический износ и есть опасность попадания жидкости в мотор
Ремонтопригодность	Высокая, при поломке уплотнения и мотор можно менять без демонтажа насоса	Низкая, так как мотор и уплотнения имеют специальную конструкцию
Мобильность	Насос требует подъемные механизмы и специальные крепления для монтажа	Насос может переноситься и устанавливаться практически в любом месте
Температура перекачиваемой жидкости	Двигатель находится вне жидкости, что позволяет насосам перекачивать горячие жидкости с температурой до +450 °С и выше	До +90 °С, так как ограничена системой охлаждения двигателя
Простота монтажа	Требуется провести монтажные работы для крепления насоса на крышку резервуара	Легко монтируется, не требует спецконструкции
Глубина всасывания/погружения	Стандартно до 6 м	Не ограничена
Создаваемый напор	Одноступенчатый насос до 160 м, многоступенчатый до 2000 м	Одноступенчатый насос до 100 м, многоступенчатый до 3000 м
Подача насоса	До 90 000 м ³ /ч	До 7000 м ³ /ч

По подачам и напорам можно сделать вывод какие вертикальные насосы лучше применить для той или иной нужды коммунального хозяйства:

- 1) для водопотребления лучше использовать насосы для воды;
- 2) для канализаций лучше использовать химические насосы;
- 3) центробежные вертикальные насосы охватывают большой диапазон областей и применение в том или ином случае зависит от требуемых напора и расхода насосной установки, которые определяются проектировщиков в каждом конкретном случае.

Литература

1. Борисевич, В. И. Экономика региона : учеб. пособие / В. И. Борисевич, П. С. Гейзлер, В. С. Фатеев. – Минск : БГЭУ, 2002. – 432 с.
2. Свод правил. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения : СП 31.13330.2012. – Дата введения: 2013-01-01.
3. Карелин, В. Я. Насосные станции гидротехнических систем с осевыми и диагональными насосами / В. Я. Карелин, Р. А. Новодережкин. – М. : Энергия, 1980. – 288 с.
4. Кабанов, В. И. Гидропневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин. Лопастные машины и гидродинамические передачи : учеб. пособие для вузов / В. И. Кабанов. – Минск : Выш. шк., 1989. – 183 с.
5. Кривченко, Г. И. Гидравлические машины: Турбины и насосы : учеб. для вузов / Г. И. Кривченко. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 320 с.
6. Лопастные насосы : справочник / В. А. Зимницкий [и др.]. – Л. : Машиностроение, 1986. – 334 с.

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ МЕТОДОМ ИНВЕРСИИ

А. В. Астрейко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Д. Г. Кроль

Современное развитие машиностроения невозможно без создания новых, более совершенных и точных механизмов и машин. На современном этапе более 90 % механизмов в машиностроении содержат плоские рычажные механизмы, в состав которых входят группы Ассура 2-го класса. Механизмы, где имеются группы Ассура классов выше второго, отличающиеся более сложными законами движения рабочих органов, применяются не столь широко [1]. Успешному применению подобных механизмов длительное время препятствовало отсутствие соответствующих алгоритмов анализа и синтеза. В данной работе мы частично решаем эту проблему для механизмов с группой Ассура 3-го класса. Цель работы – определение кинематических параметров механизма с группой Ассура 3 класса.

Рассмотрим плоский рычажный механизм (рис. 1). Пусть в данном механизме звено 2 является входным. Далее этот механизм будем называть первичным. Первичный механизм состоит из двух структурных групп: начального механизма I (1, 2) и группы Ассура 3-го класса III (3–6).

Формула строения первичного механизма имеет вид:

$$I(1, 2) \rightarrow III(3-6). \quad (1)$$

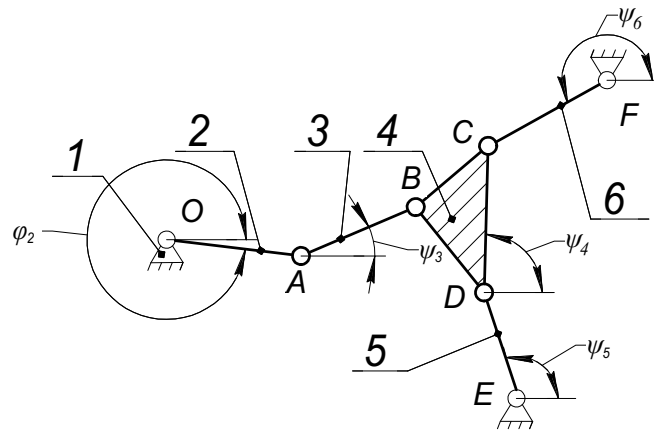


Рис. 1. Расчетная схема механизма

Решение задачи кинематики первичного механизма связано с известными трудностями на самом первом этапе кинематического анализа: определения положений звеньев механизма, т. е. угловых координат $\psi_3, \psi_4, \psi_5, \psi_6$. При аналитическом способе кинематического анализа координаты $\psi_3, \psi_4, \psi_5, \psi_6$ определяются из системы нелинейных уравнений, имеющих несколько вариантов решений (по количеству сборок механизмов). В общем случае, см. например [2], для рассматриваемой группы Ассура 3-го класса числоборок равно шести.

Для упрощения и дальнейшего решения задачи кинематического анализа применим метод инверсии [3]. Суть метода заключается в условной замене входного звена, а при необходимости в одновременной условной замене входного звена и стойки. Для механизма (см. рис. 1) назовем звено 5 входным, т. е. этот механизм будет состоять уже из трех структурных групп: начального механизма $I(1, 5)$ и двух групп Ассура 2-го класса. В дальнейшем будем называть этот механизм обращенным. Формула строения обращенного механизма имеет вид:

$$I(1, 5) \rightarrow II(4, 6) \rightarrow III(2, 3). \quad (2)$$

Из формулы (2) видно, что обращенный механизм является типовым, для которого разработаны алгоритмы кинематического анализа [4]. Для обращенного механизма все кинематические характеристики будем обозначать верхним индексом *. Задавая положение ψ_5^* звена 5, находим аналитически либо графически (методом планов) угловые координаты звеньев $\varphi_2^*, \psi_3^*, \psi_4^*, \psi_6^*$ [4]. После определения положений звеньев механизма решаем задачу о скоростях и ускорениях. Для этого воспользуемся, например, методом планов для кинематического анализа механизмов с группами Ассура 2-го класса. Выбирая произвольно значение угловой скорости 5-го звена $\omega_5^* = \text{const}$, строим план скоростей и план ускорений механизма (планы строим для обращенного механизма) [4]. Из плана скоростей находим угловые скорости всех звеньев: $\omega_2^*, \omega_3^*, \omega_4^*, \omega_6^*$. Из плана ускорений определяем угловые ускорения звеньев: $\varepsilon_2^*, \varepsilon_3^*, \varepsilon_4^*$ и ε_6^* . Первую передаточную функцию от звена i к звену 2 определяем по формуле

$$\frac{d\psi_i}{d\varphi_2} = \frac{\omega_i^*}{\omega_2^*}. \quad (3)$$

Вторую передаточную функцию от звена i к звену 2 находим по формуле

$$\frac{d^2\psi_i}{d\varphi_2^2} = \frac{\varepsilon_i^* - (d\psi_i/d\varphi_2)\varepsilon_2^*}{(\omega_2^*)^2}. \quad (4)$$

Здесь $i = 3, 4, 5, 6$. Уравнения (3) и (4) определяют кинематические передаточные функции звеньев, которые в общем случае (см. например [4]) не зависят от скорости и ускорения входного звена и совпадают для первичного и обращенного механизмов.

Угловая скорость и угловое ускорение звена первичного механизма определяются по формулам [4]:

$$\omega_i = \frac{d\psi_i}{d\varphi_2} \omega_2, \quad \varepsilon_i = \frac{d^2\psi_i}{d\varphi_2^2} \omega_2^2 + \frac{d\psi_i}{d\varphi_2} \varepsilon_2, \quad i = 3, 4, 5, 6. \quad (5)$$

Таким образом, с помощью метода инверсии получены кинематические параметры звеньев [см. (5)] механизма 3-го класса.

Закключение. Кинематический анализ механизмов 3-го класса может быть выполнен путем условной замены входного звена с одновременным понижением класса механизма до 2-го типовыми алгоритмами кинематического анализа групп Ассур 2-го класса.

Л и т е р а т у р а

1. Джолдасбеков, У. А. Графо-аналитические методы анализа и синтеза механизмов высоких классов / У. А. Джолдасбеков. – Алма-Ата, 1983. – 256 с.
2. Пейсах, Э. Е. Определение положений звеньев трехпроводковой и двухпроводковой четырехзвенных групп Ассур с вращательными парами / Э. Е. Пейсах // Машиноведение. – 1985. – № 5. – С. 55–61.
3. Shai, O. Transforming engineering knowledge through graph representations: transferring the Willis method to linkages and trusses / O. Shai, E. Mohr // Engineering with computers. – 2004. – Vol. 20. – Iss. 1. – P. 2–10.
4. Теория механизмов и машин : учеб. пособие для вузов / М. З. Коловский [и др.]. – 2-е изд., испр. – М. : Академия, 2008. – 558 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТНЫХ СВОЙСТВ УСТАНОВКИ КОМПРЕССОРА КОНДИЦИОНЕРА САМОХОДНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ МАШИНЫ

А. В. Воронин

*Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
Республика Беларусь*

Научный руководитель В. Б. Попов

В конструкции сельскохозяйственных машин присутствует большое количество элементов, обеспечивающих вспомогательные функции, но не выполняющих основные функции машины. Одним из таких элементов является компрессор кондиционера.

Компрессор кондиционера – устройство, предназначенное для сжатия фреона и обеспечения его циркуляции по рабочему контуру кондиционера. Компрессор представляет собой сосредоточенную массу, крепление которой осуществляется, как правило, консольно и закрепляется на условно неподвижной раме при помощи податливых элементов крепления. В связи с этим конструкция превращается в коле-

бательную систему, легко входящую в резонанс при наличии в непосредственной близости возбуждающего источника вынужденных колебаний.

Поэтому для обеспечения работоспособности конструкции крепления компрессора кондиционера основной проблемой является не обеспечение прочности элементов крепления, а обеспечение гарантированной отстройки собственных частот системы от частоты внешних гармонических возмущений. Для этого проводится исследование собственных частотных свойств конструкции и оценка возможного возникновения резонансного явления путем сравнения собственных частот с частотами внешних гармонических возмущений.

Для исследования собственных механических колебаний частотных свойств конструкции (модальный анализ) строим расчетную модель установки компрессора кондиционера, показанную на рис. 1.

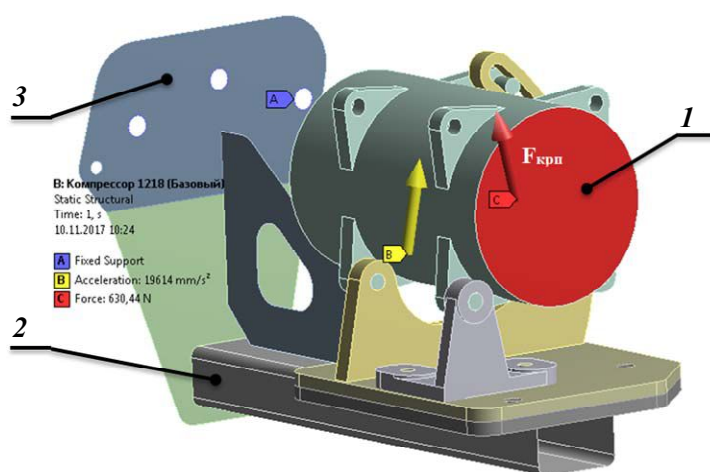


Рис. 1. Расчетная схема конструкции кронштейна крепления компрессора кондиционера:

1 – корпус компрессора; 2 – труба кронштейна крепления;
3 – пластина кронштейна

По результатам предварительного анализа конструкции сделан вывод о том, что его напряженно-деформированное состояние, вызванное статическим нагружением, влияет на собственные частоты. Такое влияние является принципиально важным для объектов, представляющих тонкостенную конструкцию и закрепленных консольно. Поэтому анализ конструкции на собственные частоты был проведен с учетом статического нагружения силой натяжения ременной передачи.

Для расчета принято нагружение собственным весом конструкции с учетом коэффициента динамики в вертикальной плоскости $K_d = 2$. Нагрузка на шкив компрессора кондиционера от механизма натяжения клиноременной передачи $F_{крп} = 630,44$ Н.

В принятой расчетной схеме наложены следующие граничные условия и связи. Принято, что конструкция кронштейна крепления компрессора кондиционера крепится на условно не подвижной раме, поэтому для пластины 3 (рис. 1) по граням отверстий под болтовые соединения запрещены все повороты и перемещения. Для расчета статической прочности и модального анализа конструкции принят материал конструкционная сталь со следующими характеристиками: коэффициент Пуассона $\mu = 0,3$, модуль Юнга $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па.

Процент «отстройки» от резонансной частоты (P) и динамический коэффициент усиления внешнего воздействия при приближении к зоне резонанса (k_d) можно рассчитывать по формулам (1) и (2), приведенным в специальной технической литературе [1], [2]:

$$P = \left(1 - \frac{\varphi}{\omega}\right) 100 \% ; \quad (1)$$

$$k_d = \frac{1}{1 - \frac{\varphi^2}{\omega^2}} , \quad (2)$$

где ω – собственная частота, Гц; φ – частота возбуждающей силы (вынужденные колебания), Гц.

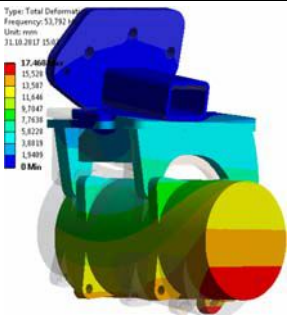
Для оценки возможного возникновения резонансного явления проводим сравнение собственных частот с частотами внешних гармонических возмущений: частота при максимальных оборотах двигателя $\nu_{\max д} = 33,3$ Гц (2000 об/мин); частота компрессора кондиционера при максимальных оборотах двигателя $\nu_{\max к} = 68$ Гц (4080 об/мин).

Из результатов предварительного расчета исходной конструкции выявлено, что опасной с точки зрения возможного возникновения резонанса является 1-я форма собственных колебаний, так как отстройка от частоты максимальных оборотов двигателя составила менее 5 %, при минимально допустимой в 20 % [3].

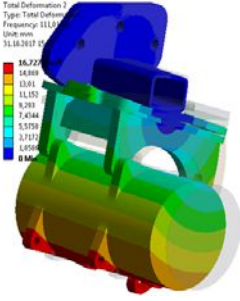
Собственная частота зависит от жесткости системы и ее массы. При условно неизменной массе (конструкцию компрессора менять нежелательно) для изменения частоты необходимо изменить жесткость его подвески на раме. Для этого предложено уменьшить расстояния от трубы кронштейна до болтовых соединений, тем самым существенно увеличив жесткость конструкции крепления компрессора.

Результаты расчета измененной конструкции кронштейна крепления кондиционера представлены в таблице. Материалы и граничные условия аналогичны исходной конструкции.

Формы собственных колебаний и результаты расчета измененной конструкции установки компрессора кондиционера

Собственные формы колебаний	Вынужденная частота колебаний, Гц	Отстройка, %	Динамический коэффициент
 <p>1-я форма собственных колебаний (53,79 Гц)</p>	От максимальных оборотов двигателя		
	33,3	38	1,62
	От рабочей частоты компрессора кондиционера при максимальных оборотах двигателя		
	68	26	1,67

Окончание

Собственные формы колебаний	Вынужденная частота колебаний, Гц	Отстройка, %	Динамический коэффициент
 <p>2-я форма собственных колебаний (111,01 Гц)</p>	От максимальных оборотов двигателя		
	33,3	70	1,09
	От рабочей частоты компрессора кондиционера при максимальных оборотах двигателя		
	68	38,7	1,6

Из таблицы видно, что минимальная отстройка от рабочей частоты компрессора кондиционера при максимальных оборотах двигателя составляет 26 %, что удовлетворяет условиям виброустойчивости.

Заключение. Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

1. Для обеспечения работоспособности систем, представляющих собой колебательную систему, легко входящую в резонанс, определяющим, как правило, является не условие прочности, а условие необходимой отстройки собственной частоты от внешних возбуждающих воздействий.

2. При расчете собственных частотных свойств необходимо учитывать эффект предварительного нагружения конструкции, так как напряженно-деформированное состояние конструкции, вызванное статическими нагрузками, влияет на собственные частоты.

3. Так как в большинстве случаев исследуемый объект является готовым покупным изделием, изменение его конфигурации и свойств является невозможным. Для обеспечения отстройки от резонанса таких колебательных систем необходимо изменять конструкцию крепления исследуемого объекта на раме.

Л и т е р а т у р а

1. Штейнвольф, Л. И. Динамические расчеты машин и механизмов / Л. И. Штейнвольф. – М. : Машгиз, 1961. – 426 с.
2. Дарков, А. В. Сопротивление материалов / А. В. Дарков, Г. С. Шпиро. – М. : Высш. шк., 1969. – 734 с.
3. Колебания силового агрегата автомобиля / В. Е. Тольский [и др.] ; под общ. ред. В. Е. Тольского. – М. : Машиностроение, 1976. – 266 с.

КОРРОЗИОННАЯ АКТИВНОСТЬ СМАЗКИ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Ф. А. Григорьев

*Учреждение образования «Белорусский государственный
университет транспорта», г. Гомель*

Научный руководитель П. Н. Богданович

Расширение жизненного пространства человека влечет за собой негативные последствия для окружающей среды. Одним из возможных путей уменьшения влияния техногенных факторов на живую природу является применение биоразлагаемых смазочных материалов в машиностроении и промышленности [1].

По сравнению с минеральными маслами смазочные материалы на основе растительного сырья обладают лучшими триботехническими характеристиками и утилизируются за счет естественных процессов разложения. Одним из их недостатков является высокая коррозионная активность. Известно, что до 12 % состава растительных масел составляют жирные кислоты в свободном виде. Под воздействием процессов гидролиза, инициированных теплотой трения, концентрация этих кислот может возрастать, что ведет к коррозионным повреждениям деталей узлов трения [2], [3].

Целью данной работы является оценка коррозионной активности растительных масел и изучение протекающих при этом процессов. Как показали предшествующие исследования, данные масла обладают высокими триботехническими характеристиками и могут служить в качестве базовых материалов при создании промышленных смазочных масел [4], [5].

Испытания, по определению коррозионного воздействия на металлы, производились по ГОСТ 2917–76 [6] в соответствии со схемой, представленной на рис. 1.

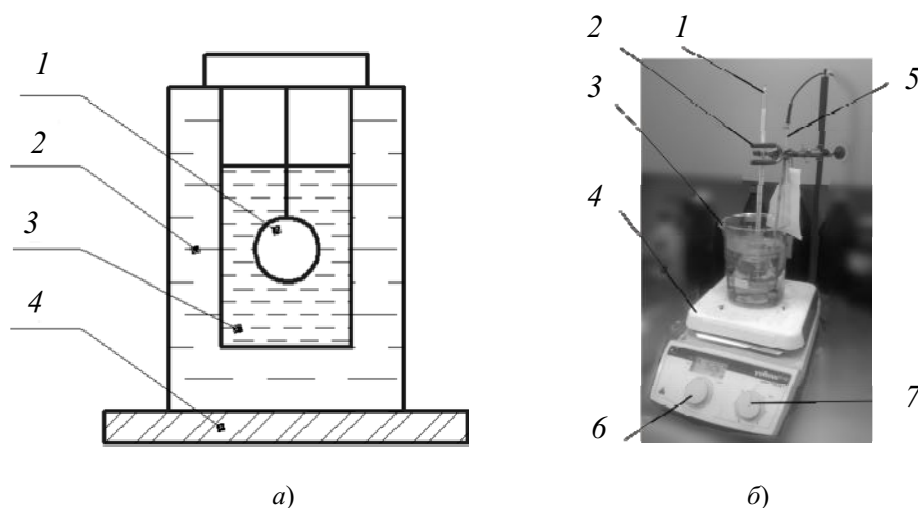


Рис. 1. Схема установки для определения коррозионной активности масла по ГОСТ 2917–76 (а) и ее общий вид (б):

- а: 1 – медный диск; 2 – водяная баня; 3 – испытуемый образец;
 7 – нагревательный элемент; б: 1 – термометр; 2 – держатель термометра;
 3 – масляная баня; 4 – магнитная мешалка с подогревом; 5 – шуп масляной бани;
 6 – регулятор температуры; 7 – регулятор частоты оборотов масляной бани

Диск 1 (рис. 1) диаметром 20 мм, толщиной 2 мм с полированной поверхностью (R_a 0,1 мкм), изготовленный из меди М1, выдерживался 180 мин в испытуемом масле 3, нагретом в водяной бане 2 до 60 °С. Температура поддерживалась с точностью ± 1 °С в магнитной мешалке с нагревом 4 (Yellow MAG HS7, Литва). После окончания эксперимента излишки масла с дисков удалялись фильтровальной бумагой. Оценку коррозионной активности осуществляли сравнением с эталонной шкалой цвета поверхности дисков и анализу их изображений на растровом электронном микроскопе Vega II LSH (Tescan, Чехия).

Испытаниям подвергались образцы подсолнечного, кукурузного, рапсового и льняного пищевых масел. Выбор масел пищевого качества был обусловлен стабильностью их жирнокислотного состава, регламентируемого соответствующими стандартами. Индустриальное масло И-20 использовалось для сравнения.

Результаты испытаний показали, что цвет поверхностей исследуемых образцов (дисков) сразу после испытаний существенно не изменился (рис. 2, *а*). Но по истечении некоторого времени хранения (около 12 ч) на сторонах дисков, к которым доступ атмосферного кислорода не ограничивался, были обнаружены следы коррозии (рис. 2, *б*). При этом поверхности, на которых образцы лежали, своего вида не изменили как после 12 ч, так и в последующем. Анализ морфологии на этих поверхностях выявил наличие на них тонкой, местами сморщенной пленки, по всей видимости, продуктов полимеризации (рис. 3, *а*).

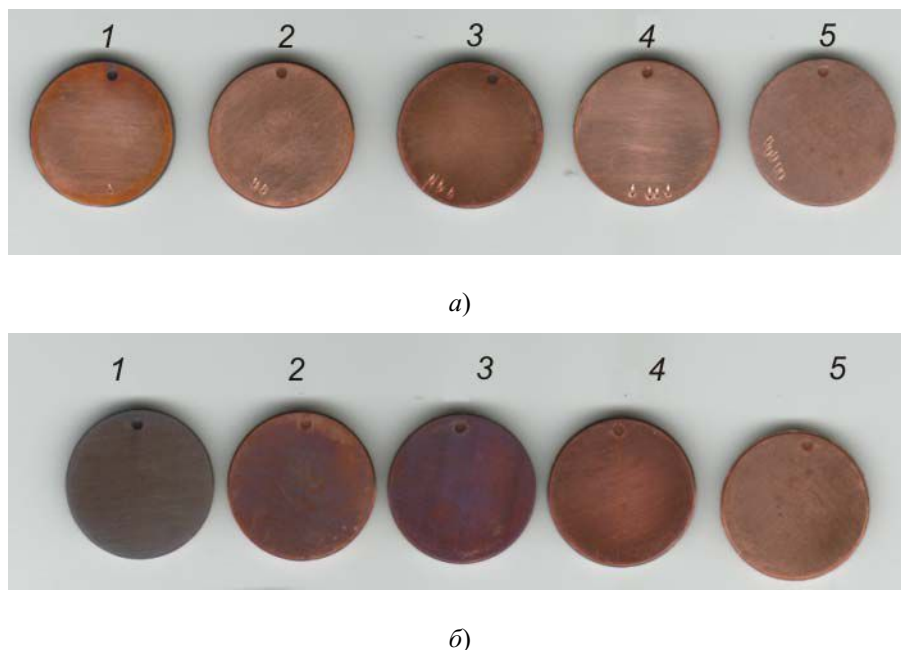


Рис. 2. Поверхность медных дисков после выдержки в маслах:
а – непосредственно после испытаний; *б* – после выдержки на воздухе
в течение 12 ч: 1 – И-20; 2 – льняное; 3 – рапсовое масло;
4 – подсолнечное масло; 5 – кукурузное масло

Поверхности дисков, к которым после испытаний был доступ кислорода, характеризуются наличием характерных коррозионных повреждений (рис. 3, *б*, *в*). Отличия в морфологии поверхностей свидетельствуют, что образованный на них слой продуктов реакции металлов с жирными кислотами и триглицеридами ведет себя по-разному, в зависимости от доступа кислорода. С одной стороны, происходит образование полимерной пленки, консервирующей поверхность, со второй – в продуктах реакции масел и металлов протекают химические процессы с образованием коррозионно-активных веществ, способствующих образованию локальных поверхностных разрушений.

Полученные данные свидетельствуют, что наиболее вероятным механизмом коррозии образцов является окисление продуктов реакции жирных кислот с металлом и оксидами образца кислородом воздуха. Среди растительных масел наибольшее коррозионную активность проявило рапсовое масло, затем льняное, подсолнечное и кукурузное (в порядке убывания). Индустриальное масло И-20 оказало большее, чем растительные масла, воздействие на поверхность, однако очевидно, что из-за отличий в химическом составе механизм этого воздействия иной.

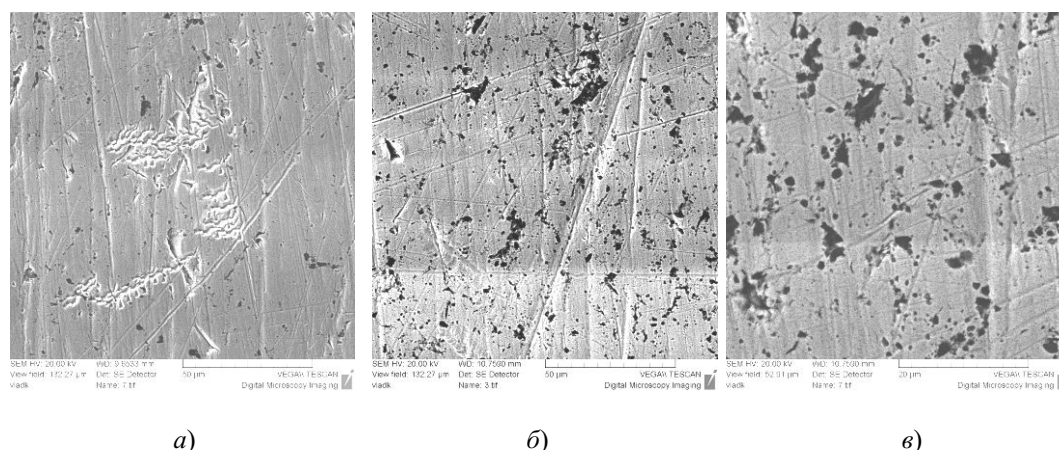


Рис. 3. Поверхности медных дисков после выдержки в рапсовом масле:
 а – поверхность без доступа кислорода; б, в – поверхность, к которой
 был доступ кислорода (при разных увеличениях)

По результатам исследований сделан вывод о ведущей роли кислорода воздуха в коррозионной активности растительных масел. Полученные данные проясняют механизм их коррозионного воздействия и указывают направление поиска антиоксидантов и ингибиторов коррозии смазочных составов на основе растительного сырья. Исходя из этого, наиболее целесообразным в дальнейших исследованиях представляется изучение влияния температуры на процессы окисления триглицеридов растительных масел и их реакций с металлами.

В сравнении с минеральным маслом И-20 растительные масла проявили меньшую коррозионную активность, что в перспективе позволит снизить экологическую нагрузку при их утилизации за счет уменьшения концентраций присадок, многие из которых являются небезопасными для окружающей среды.

Литература

1. Войтов, В. Перспективы использования растительных масел для изготовления смазочных материалов / В. Войтов, А. Кравцов, И. Сысенко // Мотрол. – 2013. – № 7 (15). – С. 56–63.
2. Крачун, А. Т. Исследование смазочных составов некоторых растительных масел / А. Т. Крачун, В. У. Морарь, С. В. Крачун // Трение и износ. – 1991. – № 5 (11). – С. 929–932.
3. Влияние жирнокислотного состава и структуры алкильных радикалов триглицеридов растительных масел на их триботехнические характеристики / А. Я. Григорьев [и др.] // Трение и износ. – 2016. – № 6 (37). – С. 755–759.
4. Myshkin, N. K. Influence of Composition of Plant Oils on Their Tribological Properties / N. K. Myshkin, A. Ya. Grigoriev, I. N. Kavaliova // Tribology in Industry. – Vol. 39. – 2017. – № 2. – P. 207–210.
5. Григорьев, Ф. А. Триботехнические свойства рафинированных растительных масел / Ф. А. Григорьев, И. Н. Ковалева // Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования : тез. IV Респ. науч.-техн. конф. молодых ученых / ИММС НАН Беларуси. – Гомель, 2016. – 78 с.
6. Масла и присадки. Метод определения коррозионного воздействия на металлы : ГОСТ 2917–76.

ВЛИЯНИЕ СИЛЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИНДЕНТОРА С ЗАГОТОВКОЙ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ АЛМАЗНОМ ВЫГЛАЖИВАНИИ

В. В. Домасевич

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель М. П. Кульгейко

Цели исследования: 1) определить влияние силы выглаживания на шероховатость закаленных сталей; 2) определить влияние силы выглаживания на шероховатость мягких материалов.

Алмазный выглаживающий инструмент представляет собой державку из стали (12ХН3А или 40Х) и закрепленного в ней кристалла алмаза. При изготовлении инструмента алмаз ориентируют таким образом, чтобы его обработка проходила в «мягком» направлении, а в процессе работы этим инструментом истирание происходило в «твердом» направлении, где, кроме того, значительно ниже коэффициент трения кристалла по металлической поверхности. На цилиндрической поверхности державки выглаживающего инструмента наносят риску, по которой определяют положение инструмента в работе, обеспечивающее истирание кристалла в «твердом» направлении. На рис. 1 приведена схема выглаживания пружинной державкой.

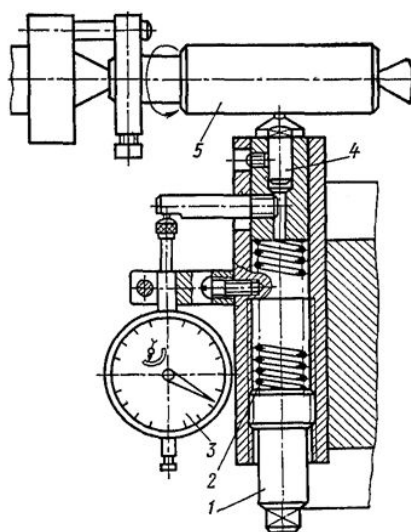


Рис. 1. Схема выглаживания пружинной державкой конструкции Г. И. Чекина:

1 – регулировочный винт; 2 – пружина; 3 – индикатор;
4 – выглаживатель; 5 – обрабатываемая деталь

Наиболее важным параметром процесса выглаживания, влияющим на высоту шероховатости, является сила (при упругом выглаживании) или глубина внедрения выглаживателя (при жестком выглаживании). Зависимость шероховатости поверхности от силы выглаживания качественно одинакова для различных материалов (рис. 2, 3).

График зависимости шероховатости от силы выглаживания можно разделить на три характерных участка: 1) участок уменьшения шероховатости от исходной до минимальной; 2) участок минимальной шероховатости; 3) участок последующего увеличения шероховатости по сравнению с минимальной.

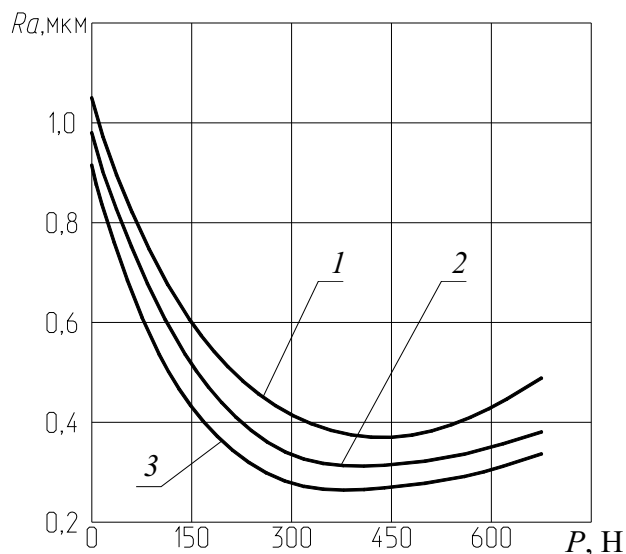


Рис. 2. Зависимость шероховатости Ra от силы P при выглаживании закаленных сталей ($R = 2,0$ мм; $S = 0,05$ мм/об):
1 – сталь 25ХГТ (60 HRC); 2 – сталь ШХ15 (60 HRC); 3 – сталь 45 (54 HRC)

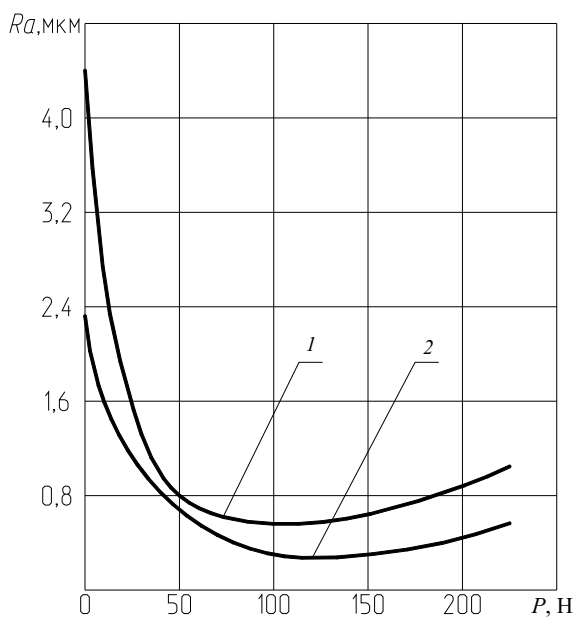


Рис. 3. Зависимость шероховатости Ra от силы P при выглаживании мягких материалов ($R = 2,0$ мм; $S = 0,05$ мм/об):
1 – бронза БрА9Мц2Л (80 НВ); 2 – сталь 45 (197 НВ)

При изменении силы выглаживания в пределах первого участка наблюдается уменьшение шероховатости, но все более медленное, а по достижении определенной величины силы уменьшение шероховатости прекращается. Это объясняется тем, что при малых силах контакт инструмента с обрабатываемой поверхностью происходит по вершинам неровностей, опорная площадь которых мала. Вследствие этого на площадях контакта развиваются значительные давления, превышающие предел текучести материала и вызывающие интенсивную пластическую деформацию неровностей. По мере роста силы выглаживания увеличивается глубина внедрения и рас-

тет площадь контакта инструмента с обрабатываемой поверхностью. Кроме того, в процессе пластической деформации поверхностный слой металла сильно упрочняется. Все это увеличивает сопротивление поверхности пластической деформации, и уменьшение шероховатости с увеличением давления замедляется.

При определенных значениях силы выглаживания происходит полное сглаживание исходных неровностей и образуется шероховатость, обусловленная только самим процессом выглаживания – величиной подачи и пластических искажений. Увеличение силы выглаживания в пределах второго участка графика не вызывает поэтому существенного изменения шероховатости.

При дальнейшем увеличении силы выглаживания (третий участок графика) увеличивается величина пластических искажений и высота неровностей возрастает по сравнению с наименьшей. При приложении чрезмерных сил происходит разрушение поверхностных слоев. Это проявляется в появлении микротрещин на выглаженной поверхности и ухудшения шероховатости поверхности.

На эксплуатационные свойства поверхности, в частности износостойкость и контактную жесткость, влияет главным образом верхняя часть микрорельефа поверхности, т. е. форма и размеры верхней части неровностей. Чем больше они пригнуты и чем больше опорная площадь на вершинах гребешков, тем больше износостойкость и жесткость поверхности. Чтобы точнее оценить опорную способность поверхности, необходимо знать, как распределяется металл по высоте профиля. Такое представление дает кривая опорной поверхности. Она характеризует заполненность профиля неровностей по высоте и опорную способность поверхности на различных уровнях высоты профиля.

Получены следующие результаты. В ходе проведенных исследований установлен характер зависимости шероховатости поверхности Ra от силы выглаживания P . С увеличением силы P шероховатость обработанной поверхности сначала уменьшается до минимума, а затем постепенно увеличивается. Минимальное значение Ra для различных материалов наблюдается при разных значениях P . Для принятых параметров и режимов выглаживания Ra_{\min} отмечается при $P \approx 100\text{--}150$ Н – для мягких материалов и при $P \approx 300\text{--}400$ Н – для закаленных сталей.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА БУРЕНИЯ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ СОПРОВОЖДЕНИИ ПРОМЫСЛОВЫХ ИСПЫТАНИЙ НОВОЙ ТЕХНИКИ

В. Д. Дробышевский

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. С. Асадчев

При проведении промышленных испытаний выбор рациональных значений параметров режима бурения с целью оптимизации процесса бурения и их оперативный контроль осуществляется методом «заторможенного» барабана в соответствии с утвержденной методикой.

Под оптимальным режимом бурения понимается определенное сочетание параметров режима бурения, при котором получают наиболее высокие количественные показатели при требуемых качественных и возможно более низкую себестоимость 1 м проходки.

Определение оптимального режима бурения проводится в следующих случаях:

- при смене проходимых пород;
- при изменении скорости проходки;
- при изменении параметров режима бурения;
- при изменении момента вращения, сильных вибрациях и др.

К числу важнейших параметров режима бурения относятся: осевая нагрузка на долото G ; частота вращения долота (или ротора) n ; расход (подача или производительность) буровых насосов Q ; качество бурового раствора (плотность, фильтрация, вязкость, статическое напряжение сдвига).

Метод «заторможенного» барабана при определении оптимального режима бурения среди других методов ([1], [2] и др.) является наиболее технологичным (по затратам времени на проведение работ) и в то же время достоверным. Это обеспечивается достаточной простотой применяемого метода и инструментальным фиксированием с помощью соответствующих датчиков станций контроля бурения типа АМТ-100 (Санкт-Петербург, РФ), установленных на каждой буровой, – уровня изменяющихся параметров, в том числе G ; Q и n – кроме изменения частоты вращения n вала ГЗД (при турбинном способе бурения частота вращения вала ГЗД, как известно, является функцией расхода раствора Q).

Сущность метода «заторможенного барабана» состоит в том, что изменение уровня действующей на долото осевой нагрузки G осуществляется путем выработки забоя без подачи верхней части инструмента в направлении забоя после достижения некоторого установленного максимального значения осевой нагрузки.

Метод «заторможенного барабана» при определении оптимального режима бурения при турбинном бурении состоит из трех этапов:

Этап 1: определение зависимости изменения нагрузки на долото во времени $G(t)$ для нескольких значений Q .

Этап 2: определение h , т. е. «захода» ведущей бурильной трубы в стол ротора (без бурения).

Этап 3: интерпретация полученных данных и выбор наилучшего сочетания параметров режима бурения.

Порядок проведения работ следующий:

1) производится выбор диапазона изменения частоты вращения n долота за счет изменения подачи Q , при этом за начальное значение Q принимается та величина подачи буровых насосов Q , которая применялась на близлежащих скважинах в сходных геолого-технических условиях бурения, а конечное значение – определяется путем приращения подачи Q с шагом (3 л/с) – в пределах устойчивой работы буровых насосов и ГЗД;

2) производится выбор диапазона изменения значений осевой нагрузки G на долото следующим образом:

а) за начальное (максимальное) значение G принимается такое ее значение, которое соответствует:

- максимальному значению G из паспорта долота;
- максимальному значению G , установленному в ГТН из условия обеспечения качественных характеристик проводки ствола скважины;
- фактическому весу УБТ, установленных в КНБК;
- значению, обеспечивающему максимально рекомендуемый дифференциальный перепад давления на ВЗД (при использовании ВЗД);
- значению, исключающему повышение уровня вибраций бурового оборудования и инструмента;

- б) за конечное (минимальное) значение G принимается такое ее значение, которое:
- в 2–3 раза меньше максимального значения;
 - соответствует началу существенно более медленной выработки забоя скважины;
- 3) производится (по мере разгрузки инструмента на забой) определение зависимости изменения осевой нагрузки на долото во времени $G(t)$ для нескольких значений Q следующим образом:
- а) выполняется отрыв инструмента от забоя;
 - б) при начальном (минимальном) значении расхода Q плавно создается и удерживается (до стабилизации показаний индикатора веса ГИВ-6 или датчиков веса АМТ-100) максимальная нагрузка G на долото;
 - в) фиксируется тормоз буровой лебедки;
 - г) производится выработка забоя до уменьшения значения осевой нагрузки до минимального значения;
 - д) производится остановка буровых насосов и в течение не более 10 мин повторно максимально нагружается буровой инструмент с осуществлением замера h , т. е. «захода» ведущей бурильной трубы в стол ротора без бурения, что соответствует величине h проходки в интервале измерения в соответствии с рис. 1 и соответствующего ей значения h – захода ведущей бурильной трубы в стол ротора;
 - е) для промежуточных и конечного значений расхода Q выполняется повторное проведение работ по п. а–д;

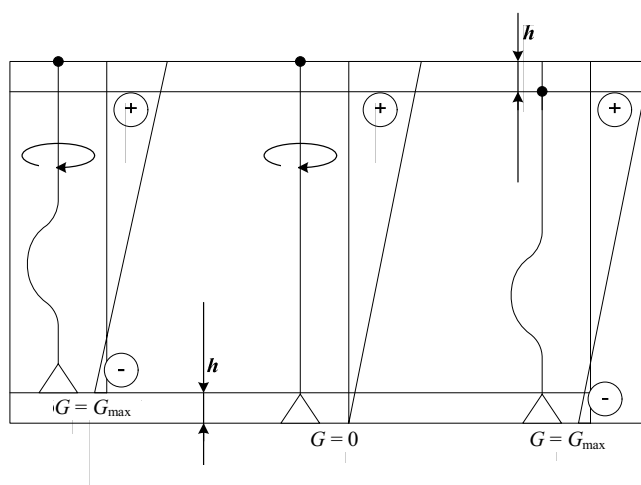


Рис. 1. Определение величины проходки h

- 4) производится интерпретация полученных данных на начальном уровне в соответствии с рис. 2 следующим образом:
- а) для каждого значения расхода Q определяется кратчайшая продолжительность t цикла изменения значений осевой нагрузки G на долото на 10–20 кН;
 - б) производится анализ выполненных измерений с выявлением кратчайших по продолжительности t интервалов (циклов) изменения значений осевой нагрузки G на долото на 10–20 кН;
 - в) производится выбор рациональных значений осевой нагрузки G и расхода буровых насосов Q ;
 - г) устанавливаются параметры оптимального режима бурения исследуемого интервала, при котором сочетание рациональных значений осевой нагрузки G и расхода буровых насосов Q обеспечивает кратчайшую продолжительность t цикла из-

менения осевой нагрузки G на 10–20 кН, т. е. опосредствованно – максимальное значение механической скорости проходки в исследуемом интервале. При этом рекомендуются сочетания минимальных значений Q и G ;

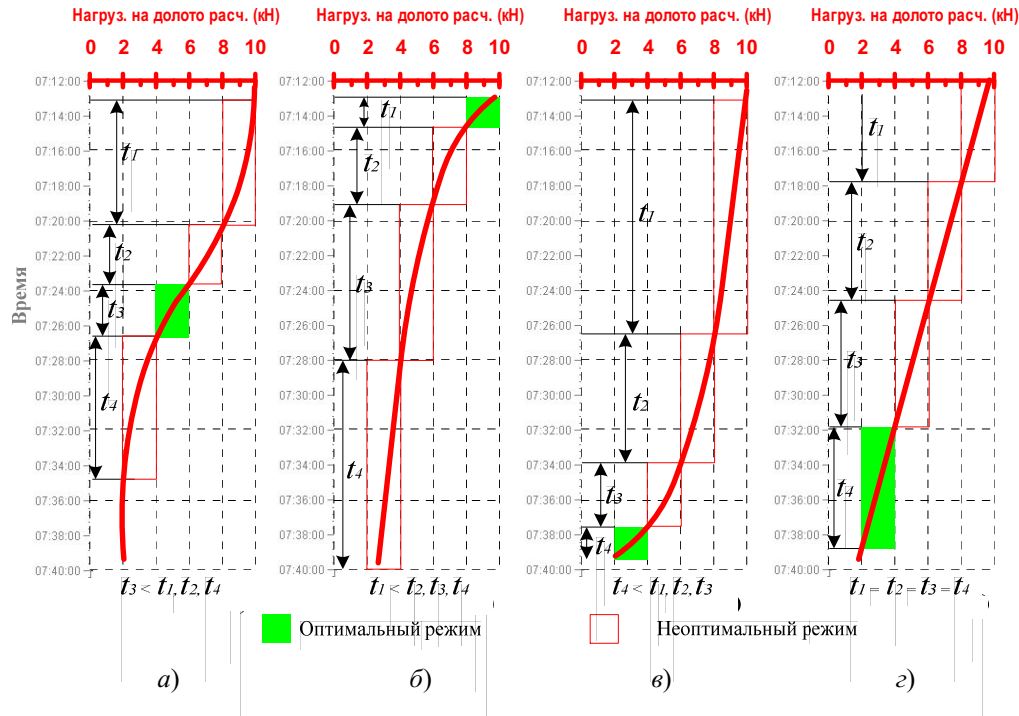


Рис. 2. Примеры определения значений оптимальной осевой нагрузки G на долото

5) производится интерпретация полученных данных на высшем уровне следующим образом:

а) выполняется аппроксимация данных с АМТ-100 для получения полиномиальной зависимости изменения нагрузки на долото во времени:

$$G = f_1(t) \quad (1)$$

и полиномиальной зависимости изменения продолжительности цикла от уровня нагрузки на долото:

$$t = f_2(G); \quad (2)$$

б) определяется линейная зависимость изменения нагрузки на долото по мере разгрузки инструмента на забой:

$$G = f_3(h); \quad (3)$$

в) производится расчет выражения зависимости изменения проходки во времени:

$$h = f_4(t); \quad (4)$$

г) производится расчет функции механической скорости бурения путем дифференцирования:

$$v_{\text{мех}} = \frac{dh}{dt} = f_4'(t); \quad (5)$$

д) определяется зависимость изменения механической скорости бурения от нагрузки на долото во времени:

$$v_{\text{мех}} = f_5(G); \quad (6)$$

б) заключительной операцией является выбор параметров режима бурения, соответствующих наибольшему значению механической скорости до наступления момента выполаживания исследуемой кривой.

Л и т е р а т у р а

1. Астафьев, И. П. Исследование оптимальных параметров режима турбинного бурения в твердых породах : автореф. канд. дис. / И. П. Астафьев. – М. : ВНИИБТ, 1967.
2. Баршай, Г. С. Влияние механической скорости бурения на рейсовую скорость и стоимость метра проходки / Г. С. Баршай // Тр. ВНИИБТ. – Вып. 22. – 1963.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКЦИИ И МОДЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАВИТАЦИОННО-ИМПУЛЬСНОГО ПУЛЬСАТОРА ДЛЯ РЕАГЕНТНОЙ ОБРАБОТКИ ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ ПЛАСТА

А. М. Жуковский

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель В. М. Ткачев

В настоящее время полнота извлечения нефти из пласта напрямую зависит от методов повышения нефтеотдачи и интенсификации притока нефти. Наиболее эффективными являются комплексные методы, которые сочетают в себе химическое и физическое воздействие на пласт, одним из таких методов является кавитационно-импульсная обработка призабойной зоны пласта скважины. Метод основан на использовании кавитационного пульсатора в качестве генератора на забое скважины ударных импульсов и колебаний давления различной амплитуды с целью создания сети микротрещин для воздействия на застойные зоны пласта, а также для декольматации призабойной зоны.

Высокоамплитудные низкочастотные 1–50 Гц волны оказывают положительный эффект на пласт – за счет большой глубины проникания в него достигают застойные зоны с нефтью, понижая ее вязкость, снижая поверхностное натяжение и таким образом облегчая ее путь к забою [1]. Возникновение необходимых ударных импульсов давления достигается путем образования пузырьков парогазовых каверн на выходе из пульсатора и схлопыванием их при попадании в скважину при прокачке рабочей жидкости.

Целью работы является увеличение импульсного воздействия на стенки скважины, повышение амплитуды пульсаций давления.

Достичь данного эффекта предполагается размещением в пульсаторе резонансной камеры (рис. 1), которая соединяется с внутритрубным пространством тангенциальными отверстиями, способствующими дополнительному увеличению скорости и турбулизации потока жидкости. В резонансную камеру помещен стальной шарик, в процессе огибания которого струя рабочей жидкости на выходе из пульсатора будет отклоняться от вертикали, обеспечивая ударное воздействие на стенки скважины [2].

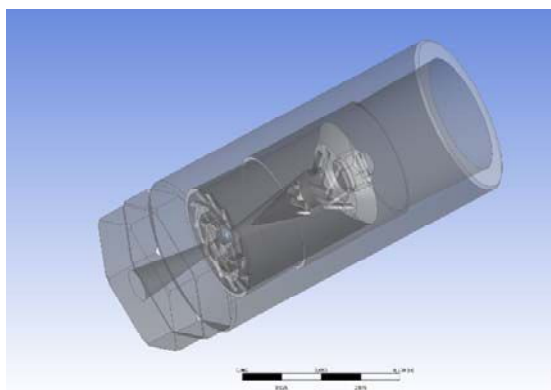


Рис. 1. Предлагаемая конструкция пульсатора

В качестве моделируемых устройств были выбраны следующие конструкции пульсатора: используемая в БелНИПИнефть; предлагаемая конструкция со стальным шариком, а также без него, для оценки влияния подвижного элемента на характер течения жидкости и амплитуду ударных импульсов.

Гидродинамическое моделирование осуществлялось по построенным 3D-моделям с заданием граничных условий потока – расход на входе 5 л/с и давление на выходе 10 МПа. Для расчета многофазного течения использовали модель Эйлера и математическую модель динамики сферической каверны Релея–Плессета с учетом вязкости, сил поверхностного натяжения, влияния газа в каверне, близости границ твердой стенки и давления соседних пузырьков.

В результате расчетов были получены поля распределения давления (см. рис. 4), скоростей на выходе из устройства, построены линии тока жидкости (рис. 2).

На расстоянии 0,5 м от пульсатора была выбрана точка, в которой была построена зависимость давления от времени, далее с помощью преобразований Фурье была получена амплитудно-частотная характеристика.

Сравнительный анализ показал, что амплитуда ударных импульсов давления при использовании предлагаемой конструкции более чем в два раза превышает базовую конструкцию (рис. 3).

В ходе решения установлено, что при гидростатическом сопротивлении в скважине 10 МПа давление на входе при использовании базовой конструкции составило 48 МПа, а для измененной конструкции со стальным шариком 38 МПа, следовательно, предлагаемая конструкция обладает меньшим гидравлическим сопротивлением и позволяет проводить закачку жидкости с большим массовым расходом. Это обусловлено размещением резонансной камеры, соединяющейся с внутритрубным пространством тангенциальными отверстиями.

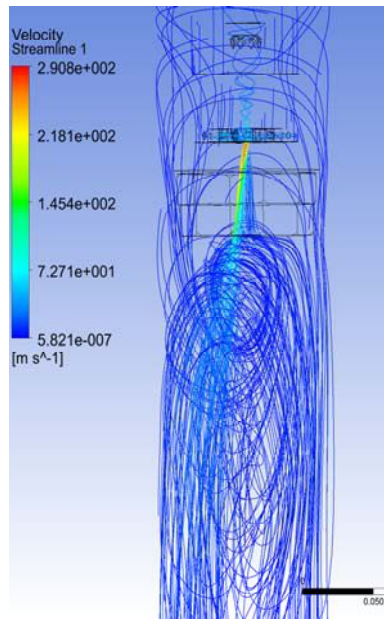


Рис. 2. Линии тока жидкости

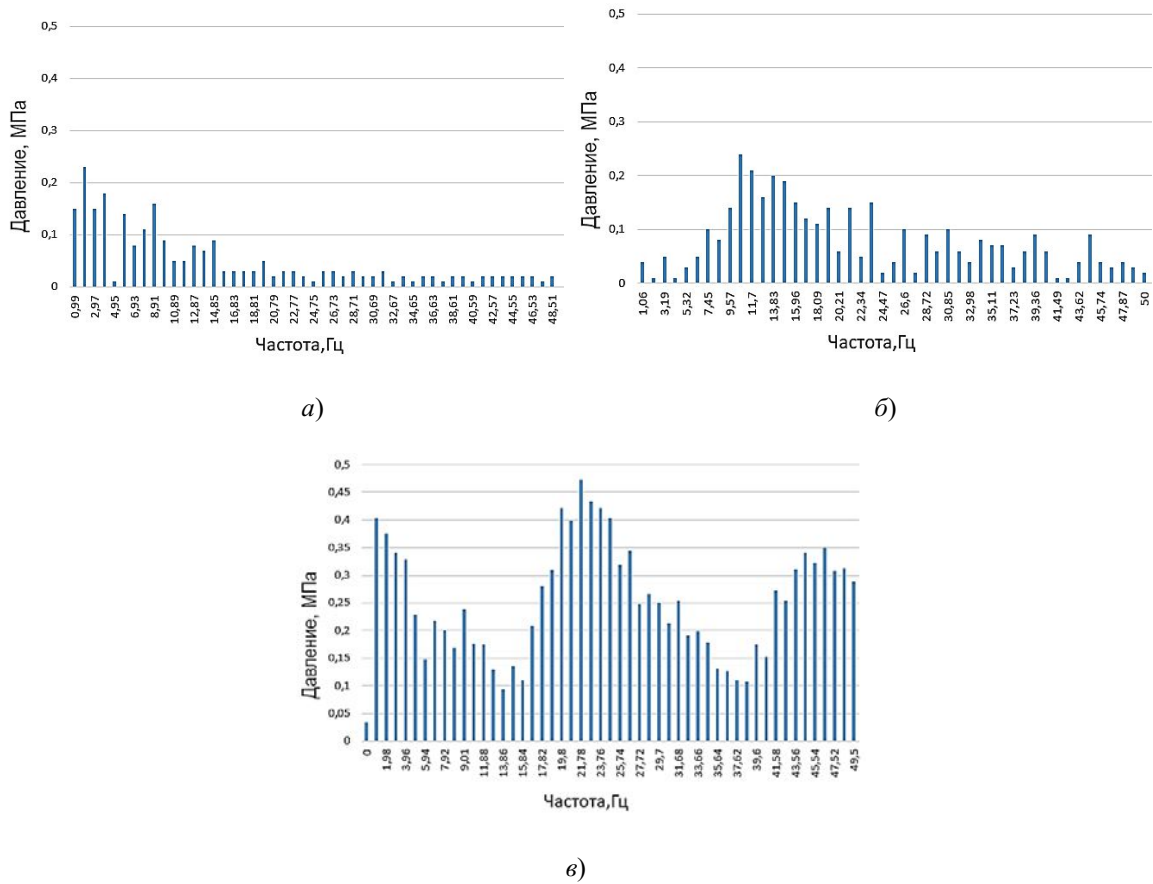


Рис. 3. АЧХ пульсаций давления:
 а – базовая конструкция; б – предлагаемая конструкция без шарика;
 в – предлагаемая конструкция со стальным шариком

Расчеты подтверждают функцию шарика, как отклонителя потока от вертикали (рис. 4) для увеличения воздействия на стенки скважины.

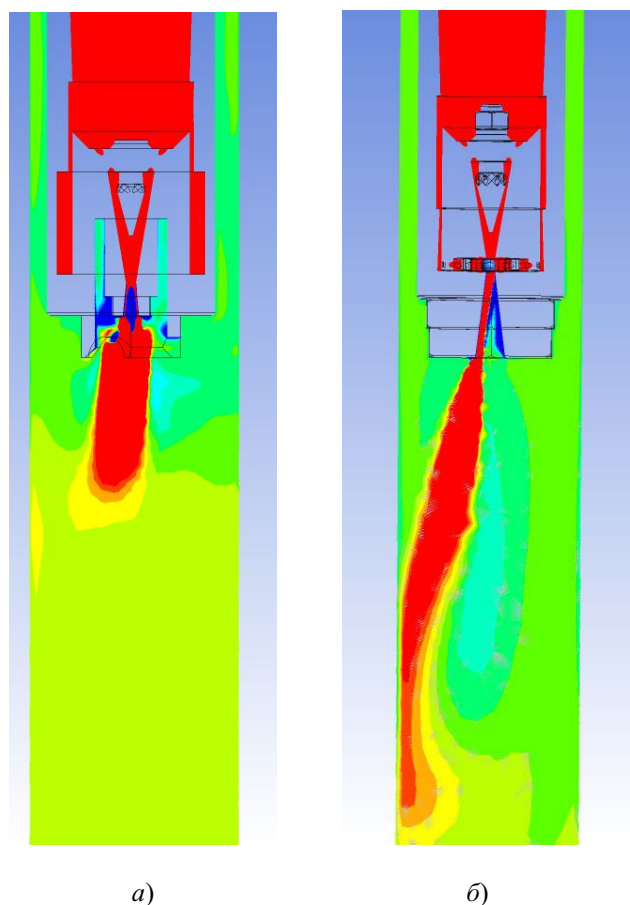


Рис. 4. Распределение давления:
а – базовая конструкция; б – предлагаемая конструкция с шариком

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что предлагаемая конструкция показывает свою высокую эффективность работы. В настоящий момент устройство готовится для испытаний в промысловых условиях.

Работа выполняется совместно с лабораторией «Интенсификация добычи нефти» БелНИПИнефть.

Литература

1. Ткачев, Д. В. Разработка оборудования и технологии для кавитационно-импульсного воздействия на пласт в условиях нефтяных месторождений компании «Белоруснефть» / Д. В. Ткачев, А. В. Серебренников, В. М. Ткачев // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса : науч.-техн. журн. – 2016. – № 3. – С. 63–67.
2. Сиз, Г. А. Пути повышения эффективности кавитационных пульсаторов для кислотных обработок нефтяных скважин / Г. А. Сиз, А. М. Жуковский // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XVII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 27–28 апр. 2017 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под ред. А. А. Бойко [и др.]. – Гомель, 2017. – С. 32–35.

ДИАГНОСТИКА ПО ДАВЛЕНИЮ В ВОЗДУШНОМ КАНАЛЕ**А. В. Иванов**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия», Российская Федерация

Научный руководитель М. М. Юрков

Диагностирование ЦПГ и прогнозирование остаточного ресурса осуществляется различными способами. Замеры компрессии по цилиндрам – это самый распространенный способ. Информация, получаемая с помощью этого прибора, безусловно, важна и необходима, но все-таки недостаточна для выявления причин, вызывающих отклонения величины компрессии в цилиндрах от номинальных значений.

Недостатки компрессиметра известны, у прибора большая погрешность – до 10 %. Кроме того, его нетрудно обмануть: масло, которое остается на стенках цилиндра при изношенном скребке маслосъемного кольца, уплотняет компрессионные кольца, а излишнее количество топлива размывает масляный клин, уменьшая величину компрессии. В таких случаях показания прибора могут не совпадать с реальностью. Также на показатели компрессии влияют пусковые обороты коленчатого вала и температура двигателя. При разряженном (севшем) аккумуляторе потеря компрессии составляет в среднем 1–1,5 атм. Кроме того, на показатели компрессии изношенной ЦПГ сильное влияние будут оказывать такие факторы, как сопротивление во впускном патрубке, температура масла, паразитный объем переходного устройства. В одном случае компрессия двигателя с большим пробегом составила 11–12 атм, что соответствует норме нового двигателя, а расход масла на угар превысил 1,2–2,0 кг на 1000 км пробега.

В другом случае двигатель машины с малым пробегом имел меньшую компрессию, около 7 атм, из-за неисправности системы топливоподачи – в цилиндры поступало топливо, оно смывало масло со стенок цилиндров и снижалась компрессия. Недостаток диагностической информации влечет неоправданные потери времени, снижает доверие к результатам оценки. Случается, что из-за «закоксовывания» колец или неплотного прилегания клапана двигатель разбирают целиком, не сумев определить причину нарушения его нормальной работы.

При правильной оценке достаточно заменить маслосъемные колпачки или попробовать «размочить» кольца специальными присадками.

Применяется также оценка состояния ЦПГ по расходу картерных газов. В этом случае определяется расход прорвавшихся газов в картер из всех цилиндров двигателя. Двигатель герметизируется, и газы направляются в одно русло, где измеряется расход с помощью калиброванных отверстий и микроманометра. Такой метод имеет недостаточную точность, обусловленную влиянием утечек газов через сальниковые уплотнения. Свести к минимуму влияние утечек возможно лишь при принудительном отсасывании газов из картера, для обеспечения в нем атмосферного давления при измерении расхода, что весьма трудоемко.

На показания индикатора влияет также уровень вибрации двигателя. Кроме того, данный метод не позволяет отдельный неисправный цилиндр и, тем более, определить первопричины снижения работоспособности ЦПГ, а к утечкам через клапан вообще нечувствителен. По этим причинам устройства, оценивающие состояние ЦПГ по расходу картерных газов, вполне справедливо были названы индикаторами.

Методика. Техническое состояние ЦПГ и ГРМ можно оценить по утечке сжатого воздуха из надпоршневого пространства. Для этой цели используются пневмотестеры, использующие внешние источники сжатого воздуха.

Перед проверкой цилиндра выворачивают свечу или форсунку, а поршень выставляют в ВМТ на такте сжатия. Наконечник пневмотестера заворачивают в отверстие от свечи зажигания в бензиновом двигателе или от форсунки в дизеле.

Решение. Нарушение герметичности надпоршневого пространства вследствие износа деталей ЦПГ и ГРМ вызывает утечку воздуха через зазоры и уменьшение давления в камере сгорания. Измеренное манометром давление показывает степень герметичности пространства. В пространстве находится поршень с компрессионными и маслосъемными кольцами, перемещающийся в гильзе, а также прокладка, уплотняющая соединение блока цилиндров, гильз и головки двигателя и клапаны, соединяющие систему впуска и удаления газов. Все перечисленные элементы изнашиваются и могут влиять на герметичность надпоршневого пространства, где происходит процесс сгорания топлива и вследствие чего силовое воздействие на КШМ.

Техническое состояние ЦПГ и ГРМ можно оценить по утечке сжатого воздуха из надпоршневого пространства. Для этой цели выпускаются пневмотестеры, например, приборы К-69М или К-272.

Нарушение герметичности надпоршневого пространства вследствие износа деталей ЦПГ и ГРМ вызывает утечку воздуха через зазоры и уменьшение давления в камере, измеряемое манометром. Для повышения чувствительности прибора поступление воздуха в камеру ограничивается калиброванным жиклером, проходное сечение которого эквивалентно величине сечения среднего зазора в ЦПГ и ГРМ.

Утечки воздуха через клапаны обнаруживают органолептически или при помощи фонендоскопа прослушиванием шипения воздуха во впускном и выпускном коллекторах двигателя.

Утечки воздуха через прокладку головки блока цилиндров определяют по пузырькам воздуха, появляющимся в горловине радиатора, расширительном бачке системы охлаждения или в плоскости разъема головки и блока цилиндров.

Рассмотренный метод обладает достаточной чувствительностью, весьма трудоемкий, имеющий значение при выбраковке двигателя.

Существуют методы, где для определения состояния механизмов по характеру вибросигнала используется виброизмерительное оборудование. Мотор-тестеры комплектуются вибродатчиками и по колебаниям, вызванным ударным взаимодействием деталей в сравнении с различными вариантами износа механизма, оценивается его состояние.

Совершенствование средств диагностики двигателя позволяет сократить трудовые ресурсы и повысить надежность используемых машин. В одном случае оценка состояния износа ведется по избыточному давлению в камере сгорания или в картере двигателя, в другом – по значению вакуума, создаваемого на пути от заборного отверстия воздухоочистителя до надпоршневого пространства на такте всасывания.

По уровню вибрации в среднегеометрическом спектре октавных частот можно получить характеристику работающего двигателя, отражающую состояние ЦПГ, ГРМ, КШМ и других систем. Выявить искомую информацию не всегда возможно и при этом способе оценки, поскольку индивидуальные характеристики вибрации двигателей различаются.

Остаточное время работы всего двигателя и его систем может прогнозироваться по времени эксплуатации или по количеству израсходованного топлива.

Определение значимости диагностирования может сократить усилия на проведение работ. При этом возможно использование простейших способов оценки. Состояние изно-

са КШМ можно определить по давлению в смазочной системе, а состояние ЦПГ – по мощности двигателя и выбросу картерных газов. В некоторых случаях показатель износа трактора можно определить по погектарному расходу топлива.

Заключение. Проблема диагностики не всегда отвечает потребностям эксплуатации двигателя и машины в целом. Тем не менее, существующие и разрабатываемые методы способствуют развитию техники и совершенствованию ее систем.

Литература

1. Суранов, Г. И. Снижение износа деталей машин / Г. И. Суранов. – Ухта : Ухт. индустр. ин-т, 1999. – 224 с.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ, ВЛИЯЮЩИЕ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

Я. А. Ильинов

Донецкая академия транспорта, Украина

Научный руководитель А. Н. Ефименко

Автомобиль – неотъемлемая часть транспортной системы. Безопасностью автомобиля является совокупность конструктивных и эксплуатационных свойств автомобиля, направленных на предотвращение ДТП и сохранение человеческих жизней [1]. В результате ДТП ежегодно от 20 до 50 млн человек получают различного рода травмы, а жертвами становятся более 1,25 млн человек (186 тыс. из них дети). Из общего объема ДТП в 15 % причиной является эксплуатация технически неисправных транспортных средств, из которых 40 % составляют автомобили с неисправной тормозной системой, что приводит к наиболее тяжелым последствиям [2].

Безопасность автотранспортных средств определяется их конструктивными особенностями, реализованными при проектировании и изготовлении, а также эксплуатационными свойствами, связанными с уровнем технической эксплуатации автотранспортных средств. К конструктивным особенностям автомобиля относятся: жесткость рамы, подвеска, пневматические шины (их сцепные свойства, тип, степень износа протектора и геометрические параметры), рулевое управление и тормозная система; к эксплуатационным свойствам можно отнести тормозную динамичность, устойчивость и управляемость автомобиля (рис. 1). Конструктивную безопасность делят на активную, пассивную, послеаварийную и экологическую [1].

Активная безопасность современного автомобиля в период торможения достигается с помощью автоматизированных систем управления параметрами его движения. Значимым моментом в развитии тормозных систем стало внедрение в конструкцию тормозного привода антиблокировочных систем (ABS), значительно улучшающих тормозную динамичность автомобилей, особенно на покрытиях с низким коэффициентом сцепления, при условии сохранения их управляемости и устойчивости. В настоящее время свыше 80 % новых автомобилей оснащаются ABS в базовой комплектации. Появление систем ABS и ESP признаны революционной разработкой в деле обеспечения активной безопасности автомобиля [3], [4]. Применительно к неблагоприятным погодным условиям, по оценкам зарубежных специалистов, такие системы способны сократить общее число ДТП с телесными повреждениями на 32 %, а в условиях обледенения и снежных заносов – на 38 %. Благодаря этим системам существенно удалось повысить общий уровень безопасности дорожного движения [5], [6]. Анали-

зируя статистические сведения [7]–[9], были построены зависимости тормозного пути от скорости движения с включенной и выключенной системой ABS, которые отображают сущность системы ABS (рис. 2).

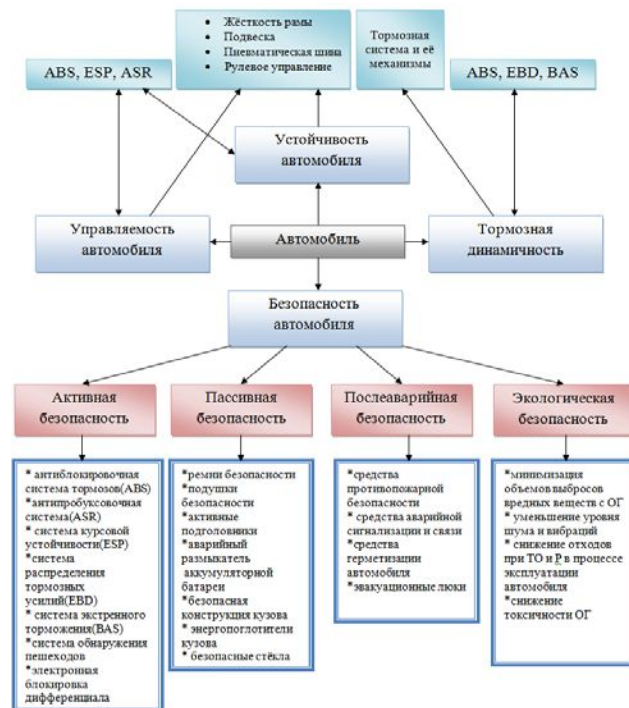


Рис. 1. Схема конструктивных особенностей автомобиля, влияющих на БДД

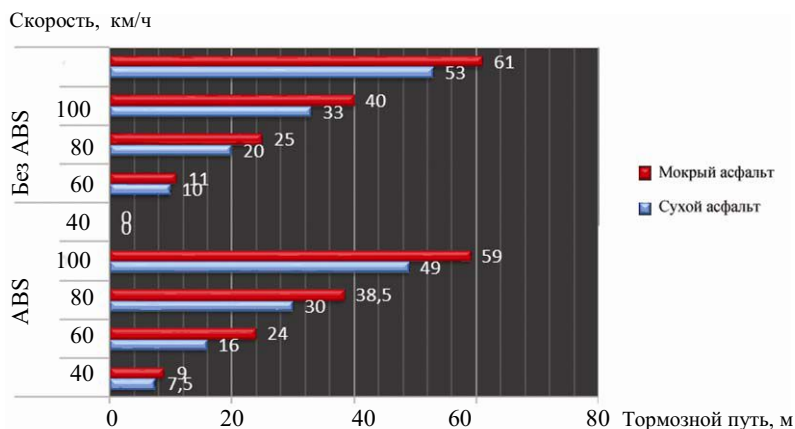


Рис. 2. Зависимость тормозного пути от скорости автомобиля

Непосредственное влияние на тормозной путь оказывают пневматические шины, которые относятся к составляющим активной безопасности (см. рис. 1), они воздействуют на показатели устойчивости, управляемости, разгонные и тормозные характеристики, расхода топлива, комфортабельности. К шинам выдвигается ряд требований: высокий коэффициент сцепления при различных режимах движения и различных состояниях дорожного покрытия (рис. 3); плавность хода; высокий коэффициент увода; безопасность движения при утечке воздуха до полной останов-

ки автомобиля. Исследовательские работы показывают, что коэффициент сцепления зависит в большой степени от состава резины протектора, его рисунка и давления в шине.

Недостаточная величина коэффициента сцепления является причиной в среднем 16 %, а в неблагоприятные периоды года – до 70 % дорожно-транспортных происшествий от общего их числа. Международной комиссией по борьбе со скользкостью дорожных покрытий установлено, что величина коэффициента сцепления по условиям безопасности движения не должна быть меньше 0,4 [10].

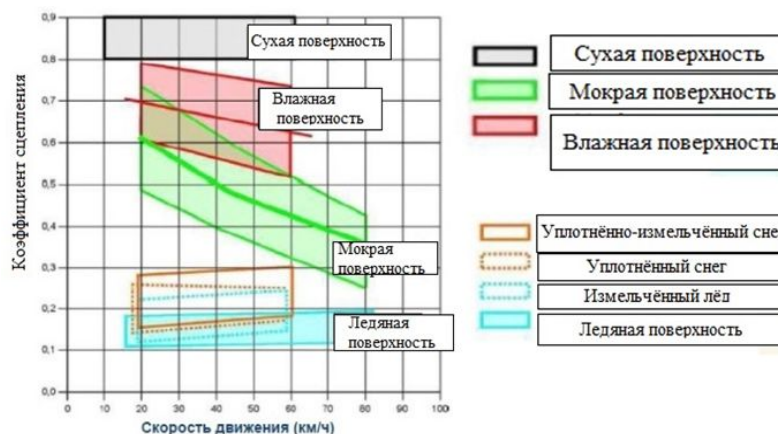


Рис. 3. Коэффициент сцепления при различных дорожных условиях

После выполненного аналитического анализа конструктивных особенностей автомобиля, воздействующих на безопасность дорожного движения, следует сделать вывод о том, что система ABS является эффективным средством активной безопасности, которая уменьшает вероятность ДТП. Значительное влияние на эксплуатационные свойства автомобиля оказывают пневматические шины, которые воздействуют на показатели устойчивости, управляемости, тормозной динамичности, а также сцепные свойства шин оказывают большое влияние на безопасность дорожного движения.

Л и т е р а т у р а

1. Виды безопасности автомобиля. – 2013. – Режим доступа: <http://livesave.narod.ru/BTS.html>.
2. Статистика ДТП в России и мире. – 2016. – Режим доступа: <http://tass.ru/info/3233185>.
3. Ильинов, Я. А. К вопросу исследования курсовой устойчивости автомобиля / Я. А. Ильинов, А. Н. Ефименко // Сборник научных трудов по материалам III Республиканской научно-практической конференции молодых ученых и студентов. – Донецк : ДААТ, 2017. – С. 30–33.
4. Оценка работоспособности тормозной системы, оборудованной ABS. – 2012. – Режим доступа: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=6769>.
5. Активная и пассивная безопасность автомобиля как основная мера повышения безопасности дорожного движения. – 2010. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15721597>.
6. Взаимосвязь конструктивной безопасности автотранспортных средств с безопасностью дорожного движения. – 2010. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15721594>.
7. Сравниваем тормозной путь с ABS и без ABS. – 2012. – Режим доступа: <http://vodi.su/tormozhenie-s-abs-i-bez-abs/>.
8. ABS – за и против. – 2013. – Режим доступа: https://auto.mail.ru/article/42807-abs_za_i_protiv/.
9. Какой тормозной путь у автомобиля при скорости 60 км/ч? – 2013. – Режим доступа: <http://vodi.su/tormoznoy-put/>.
10. Влияние правильной эксплуатации автомобильных шин на безопасность дорожного движения. – 2016. – Режим доступа: <http://www.aae-press.ru/f/99/32.pdf>.

ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ МЕТОДОВ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

К. А. Кожедуб

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Ю. Е. Кирпиченко

К задачам испытаний на трение и изнашивание относятся: оценка триботехнических характеристик материалов и смазок, подбор оптимальных их сочетаний для конкретных приложений, оценка триботехнических характеристик деталей, узлов и машин в целом.

Триботехнические материалы представляют собою важный класс материалов, предназначенных для работы в условиях трения и изнашивания. Их можно разделить на следующие группы: металлы и сплавы, полимеры, керамика и композиционные материалы. Исследование и разработка эффективных триботехнических материалов являются одним из основных путей решения технических проблем, связанных со снижением потерь на трение и износ в машинах.

Полимеры являются высокомолекулярными органическими соединениями, применяются в трибологии благодаря некоторым свойствам, которыми не обладают металлы и керамики. Среди этих свойств инертность ко многим реактивам, относительно низкая склонность к схватыванию, смазывающие свойства и низкий модуль упругости. Интенсивность изнашивания полимеров при сухом трении по металлам относительно мала, из них обычно легко изготовить подшипники, зубчатые колеса, уплотнения и покрытия.

Композиционные материалы – это комбинация материалов, которые имеют микроскопическую границу раздела фаз.

Накопление знаний в области трибологии композитов создало предпосылки для создания материалов, способных приспосабливаться к внешним воздействиям и обеспечивать оптимальные триботехнические характеристики. Кроме того, возможно создание композитов с резервными возможностями для предотвращения катастрофического разрушения узла трения при резких изменениях эксплуатационных параметров или окружающей среды. Одним из примеров таких материалов являются полимерные композиты с несколькими добавками, обладающими самосмазывающим действием при различных температурах, обеспечивающими работоспособность трибосистемы на нескольких уровнях ужесточения условий трения. Функциональные добавки могут размещаться на разной глубине поверхностного слоя и вступать в действие по мере его изнашивания [1].

Полимерные композиты являются перспективным направлением развития триботехнического материаловедения, требующего постоянных усовершенствований как самого материала, так и лабораторного оборудования, методик проведения испытаний и машин трения. Таким образом, автоматизация методов трибологических испытаний полимерных материалов является важной задачей развития всего материаловедения.

В связи с постоянной необходимостью проведения трибологических испытаний полимерных композитов возникает необходимость полной автоматизации процесса.

Основной способ автоматизации – это усовершенствование методик проведения испытаний уже существующих машин трения или разработка новых.

Машина трения ПД-2 предназначена для испытаний на трение и износ различных материалов (металлов, сплавов, жестких полимеров и керамики) в режиме «сухого» и граничного трения. Принцип действия трибометра заключается в истирании пары трения, состоящей из неподвижного шарика, прижимаемого к вращающемуся диску.

Структурная схема установки для триботехнических испытаний материалов содержит испытательный блок и пульт управления, обеспечивающие возможность оценки фрикционных свойств блочных образцов и покрытий в широком диапазоне нагрузок и скоростей.

Испытательный блок включает в себя следующие функциональные узлы: держатели образцов; блок датчиков измерения характеристик и параметров трения; привод вращения нижнего образца; механизм нагружения образцов; устройство для градуировки силы трения.

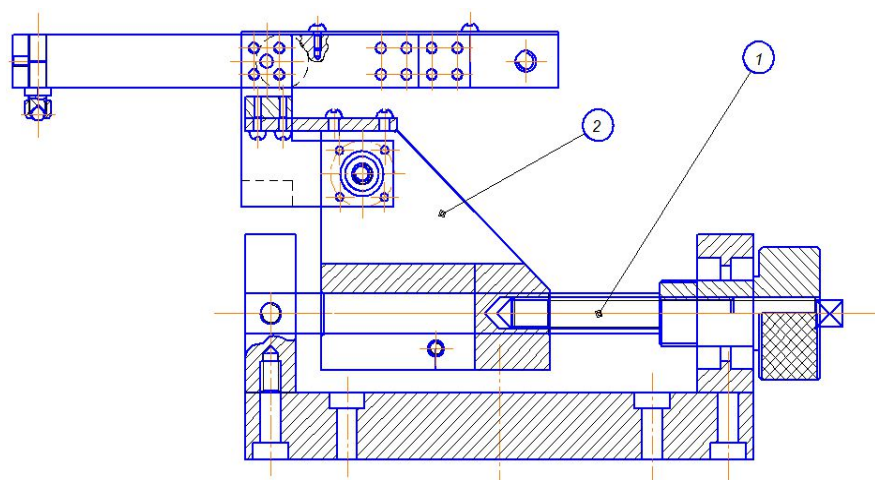


Рис. 1. Механизм нагружения трибометра ПД-2

Указанные узлы в соответствии с рис. 1 монтируются на общей станине.

Внутри станины установлен электродвигатель с деталями, позволяющими регулировать натяжение ремня. Механизм нагружения установлен на салазках 1 с возможностью перемещения в горизонтальной плоскости для регулировки радиуса трения шарика. На салазках также крепится кронштейн 2 для установки датчика силы трения.

Конструкция испытательного блока обеспечивает надежную виброизоляцию машины при работе в условиях интенсивных динамических нагрузок. Установку испытательного блока желательно производить на изолированную подставку или стол с демпфирующими элементами.

При разработке данной машины было усовершенствовано и доработано следующее:

– программа обработки сигналов, поступающих от систем измерения параметров трения и фрикционных характеристик. Программа предназначена для обработки, хранения и представления в удобном для анализа виде данных фрикционных испытаний. Основные функциональные возможности программы: ввод измеряемых трибологических параметров в компьютер, наглядное отображение динамического изменения получаемых параметров в виде графиков, сохранение полученных зависимостей. Печать графиков фрикционных зависимостей с предоставлением краткого описания параметров эксперимента;

– измеритель числа оборотов и скорости вращения диска. Измеритель числа оборотов и скорости вращения вала представляет собой модуль, на котором установлены разъемы для подключения питающего напряжения и фотодатчика. Фотодатчик установлен на кронштейне так, что его чувствительный элемент взаимодействует с перфорированным диском, жестко закрепленным на противоположном конце вала держателя испытываемого образца типа «диск»;

– датчик для измерения силы трения. В качестве датчика для измерения силы трения используется консольная стальная балка, жестко связанная с индуктивным датчиком малых линейных перемещений;

– держатели образцов испытываемых материалов предназначены для формирования испытываемой пары трения. Они обеспечивают точную и надежную установку образцов, однозначность и определенность в реализации расчетной схемы испытаний, включая равномерность нагрузки и износа образцов и т. д.

Усовершенствование машины трения ПД-2 стало следствием сокращения затрат времени на проведение опытов за счет автоматизации процесса и повышения качества измерений за счет усовершенствованной измерительной системы.

Литература

1. Мышкин, Н. К. Трение, смазка, износ / Н. К. Мышкин, М. И. Петроковец. – М. : Физматлит, 2007.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЗОНЫ КРЕПЛЕНИЯ МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА НА ТУМБЕ СИЛОСОПРОВОДА КОРМОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

А. Д. Конявский

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель В. Б. Попов

Введение. В конструкции кормоуборочного комбайна силосопровод предназначен для направления потока измельченной технологической массы в кузов транспортного средства.

В силу возложенных на него функций он должен обладать достаточными габаритами для транспортировки массы, прочностью и подвижностью обеспечивающей поворот вокруг собственной оси не менее чем на 180 градусов. Для обеспечения подвижности силосопровод в зоне крепления к неподвижному основанию имеет шарнир поворота и механизм, обеспечивающий поворот вокруг этого шарнира.

В силу всего вышеперечисленного зона крепления механизма поворота силосопровода на тумбе должна обладать рядом взаимоисключающих свойств: обладать достаточной прочностью для удержания силосопровода при движении комбайна по полю, обладать достаточной компактностью для рациональной установки ее на комбайне, не противоречащей компоновке расположенных рядом других узлов и агрегатов, обладать требуемой функциональностью, позволяющей правильно организовать в этой зоне шарнир вращения и расположить механизм поворота.

При проектировании комбайна обеспечение всех этих свойств часто приводит к возникновению различных технических проблем. При решении одной из таких проблем могут возникнуть затруднения с обеспечением других свойств изделия.

Постановка задачи. Рассмотрим решение одной из таких проблем на примере самоходного кормоуборочного комбайна «Полесье-800» производства ОАО «Гомсельмаш».

При эксплуатации комбайна в условиях жесткой динамики (полевой фон с повышенным уровнем неровностей) была зафиксирована трещина в районе левого по ходу комбайна отверстия для крепления площадки механизма поворота к швеллеру рамы. Данное разрушение было идентифицировано как следствие сдвига крайнего болта из-за повышенной вертикальной динамики силосопровода.

Для поиска решения данной научно-технической проблемы было проведено исследование напряженно-деформированного состояния твердотельной модели рамы с установленной на ней тумбой силосопровода, вращающейся опорой и силосопроводом. Расчетная модель системы показана на рис. 1.

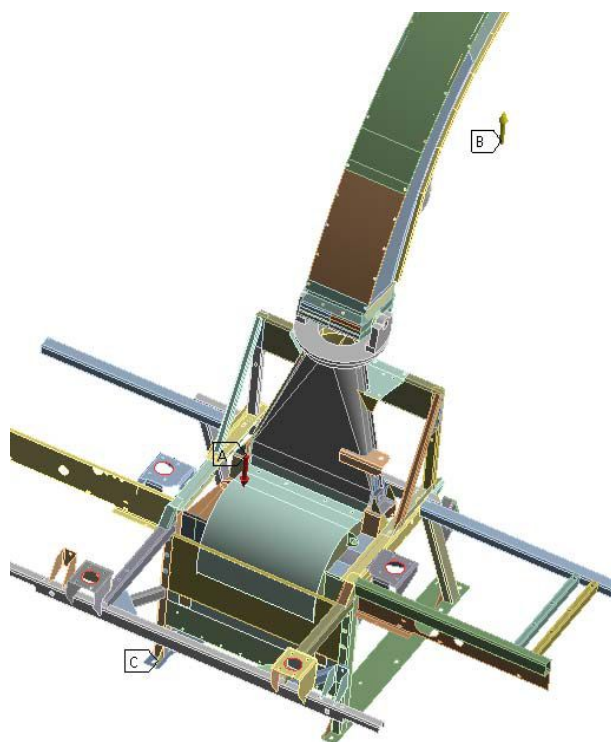


Рис. 1. Расчетная модель системы установки силосопровода

Для исследования напряженно-деформированного состояния конструкция была нагружена весом кабины с площадкой входа (1500 кг) с коэффициентом динамики в вертикальной плоскости $K_d = 2$ и собственным весом силосопровода, повернутого назад с учетом динамики в вертикальной плоскости $K_d = 4$ [1]. Для расчета статической прочности элементов конструкции принят материал конструкционная сталь 3пс со следующими характеристиками: коэффициент Пуассона $\mu = 0,3$, модуль Юнга $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па [2].

Результаты исследования. После анализа предварительных результатов расчета напряженно-деформированного состояния исходной конструкции напрашивалось решение по увеличению количества болтов путем установки различными способами дополнительных болтов на периферии швеллера. Однако последующие

расчеты таких вариантов установки показали, что такое на первый взгляд очевидное решение является ошибочным, так как за счет увеличения радиуса расположения новых болтов от центра симметрии швеллера на этих болтах увеличивается сдвиг даже по сравнению с болтом в зоне имевшегося разрушения.

Из серии проведенных расчетов методом последовательных приближений было выяснено, что для обеспечения достаточной прочности конструкции и исключения разрушения швеллера в зоне установки тумбы и вращающейся опоры необходимо не увеличивать количество крепежных элементов, а обеспечить эффективное опирание соединяемых узлов друг на друга с одновременным обеспечением прочности зоны контакта.

По результатам проведенного анализа была подобрана конфигурация конструкции, обеспечивающая ее работоспособность для данного режима нагружения. Для обеспечения работоспособности зоны установки тумбы и вращающейся опоры на раме было предложено изменить конфигурацию, материал и толщину листа *1* (сталь 09Г2С, $S = 8$ мм), ввести косынки *2* (сталь 09Г2С, $S = 6$ мм) в зоне крепления листа болтами *3* к швеллеру *4*, изменить толщину швеллера *4* (сталь 09Г2С, $S = 6$ мм) и заменить болты *5* на больший диаметр (установить болты М16). Эти мероприятия позволили увеличить жесткость конструкции и уменьшить сдвиг в зоне установки болтов *5*. Это решение представлено на рис. 2.

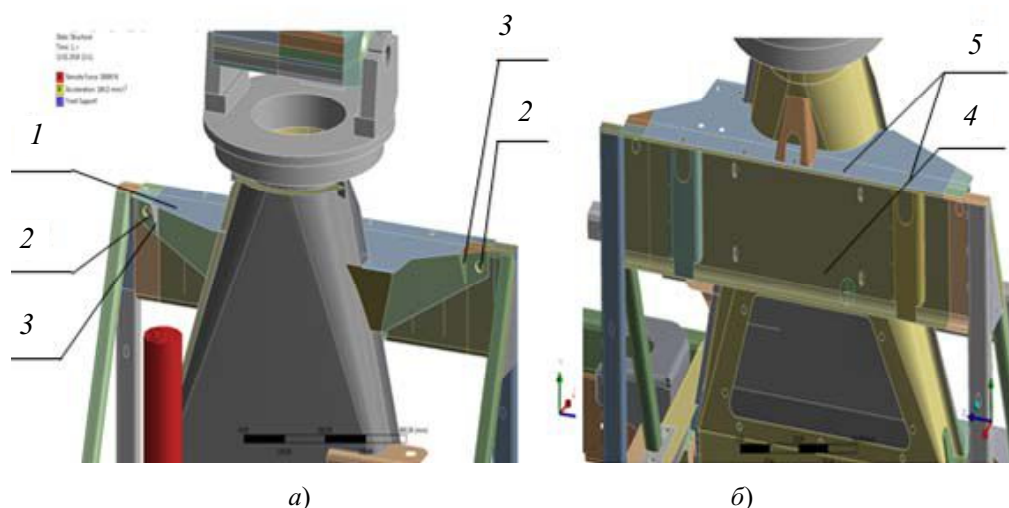


Рис. 2. Предлагаемое изменение конструкции:
а – вид спереди; б – вид сзади

На рис. 3 изображены поля эквивалентных напряжений в конструкции для рассмотренного режима нагружения с учетом предложенных изменений. По результатам расчета максимальные эквивалентные напряжения возникают в зонах А и Б, показанных на рис. 3. В зоне А (рис. 3, а) максимальные эквивалентные напряжения составляют $\sigma_{\max} = 175$ МПа, в зоне Б (рис. 3, б) – $\sigma_{\max} = 200$ МПа. Запас прочности для стали 09Г2С в зоне А составит $n = 2$, в зоне Б – $n = 1,75$, что достаточно для обеспечения статической прочности конструкции.

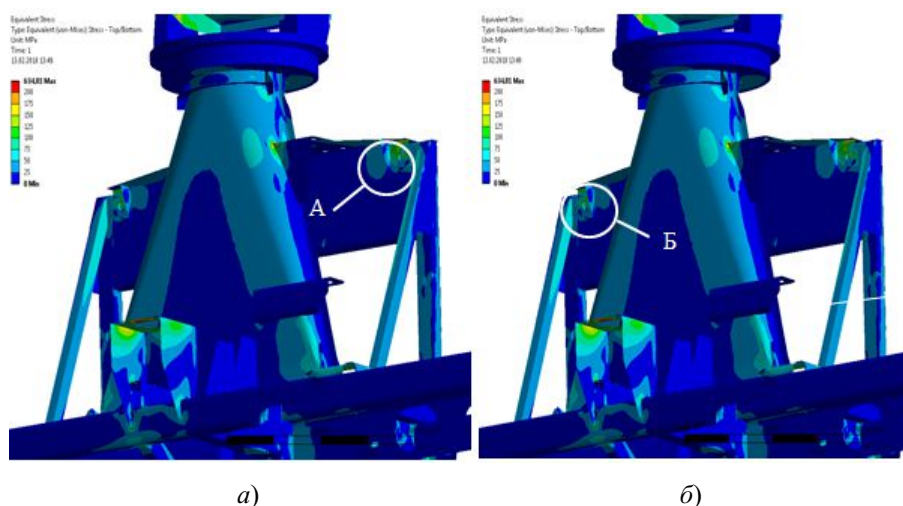


Рис. 3. Поля эквивалентных напряжений в предлагаемой конструкции для рассмотренного режима нагружения:
а – вид спереди; б – вид сзади

Заключение. На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Для решения возникшей научно-технической проблемы обеспечения прочности зоны крепления механизма поворота силосопровода кормоуборочного комбайна «Полесье-800» было проведено исследование твердотельной модели системы.

2. Как показали расчеты разрушенной конструкции, предложенное изначально решение по введению дополнительных крепежных элементов не позволяет решить возникшую проблему.

3. Из серии проведенных расчетов методом последовательных приближений было выяснено, что для обеспечения достаточной прочности конструкции и исключения разрушения швеллера в зоне установки тумбы и вращающейся опоры необходимо не увеличивать количество крепежных элементов, а обеспечить эффективное опирание соединяемых узлов друг на друга с одновременным обеспечением прочности зоны контакта.

Литература

1. Штейнвольф, Л. И. Динамические расчеты машин и механизмов / Л. И. Штейнвольф. – М. : Машгиз, 1961.
2. Дарков, А. В. Соппротивление материалов / А. В. Дарков, Г. С. Шпиро. – М. : Высш. шк., 1969. – 734 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ КОНЦЕВЫМИ ФРЕЗАМИ

В. И. Кузьмич

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель М. И. Михайлов

Фрезерование отверстий имеет ряд достоинств по сравнению с традиционными методами, применяемыми в настоящее время [1]. Однако особенности процесса требуют исследования влияния параметров инструмента и режимов резания на точность обработки. Для исследования было выбрано в диске нажимном (рис. 1).

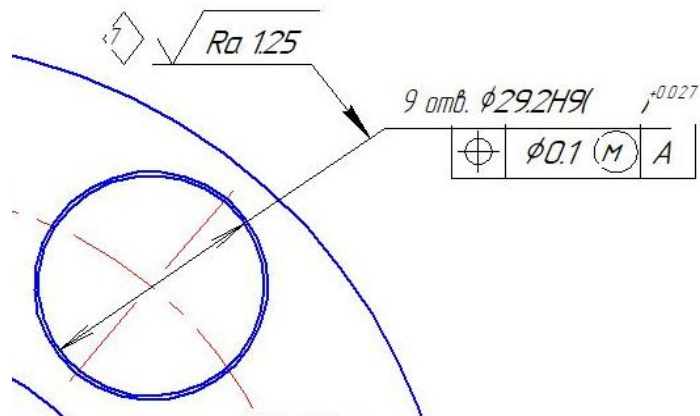


Рис. 1. Чертеж детали

Траектория движения зуба инструмента описывается системой уравнений:

$$x(t) = \left(\frac{s_z \cdot z}{2\pi} - R \right) \cos(t) + (R - \lambda) \cos\left(\left(\frac{s_z \cdot z}{2\pi} - R \right) \frac{t}{R} \right);$$

$$y(t) = \left(\frac{s_z \cdot z}{2\pi} - R \right) \sin(t) + (R - \lambda) \sin\left(\left(\frac{s_z \cdot z}{2\pi} - R \right) \frac{t}{R} \right),$$

где s_z – подача на зуб; z – количество зубьев; R – радиус обрабатываемого отверстия; t – угловой параметр.

Кинематическая погрешность определялась по точке с наибольшим отклонением от номинального размера диаметра отверстия. С помощью пакета MathCAD была построена траектория движения (рис. 2, 3).

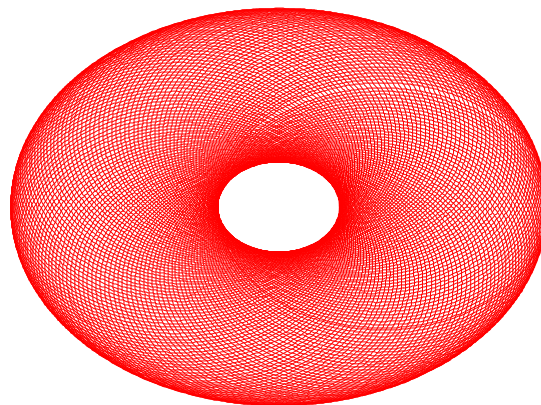


Рис. 2. Траектория движения зуба инструмента

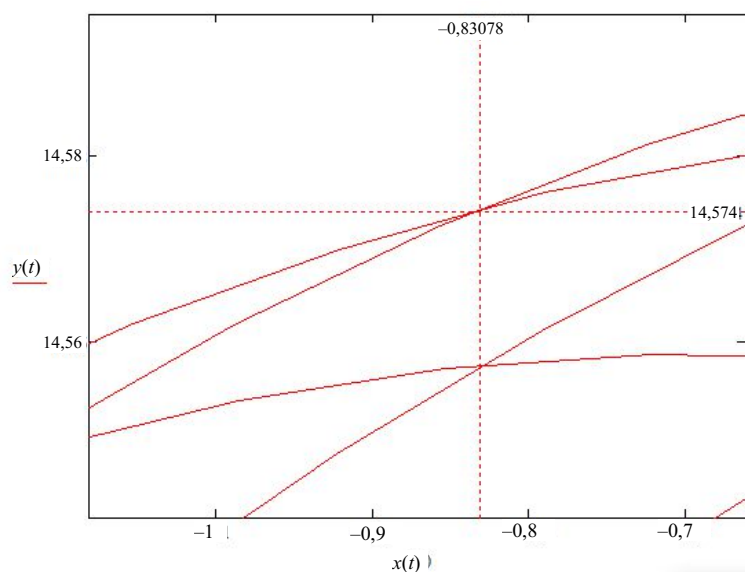


Рис. 3. Траектории пересечения двух смежных зубьев

Зная ее координаты x, y , вычислили кинематическую погрешность по уравнению

$$\delta = R - \sqrt{x^2 + y^2}.$$

Для наглядности построим график зависимости погрешности от величины подачи (рис. 4).

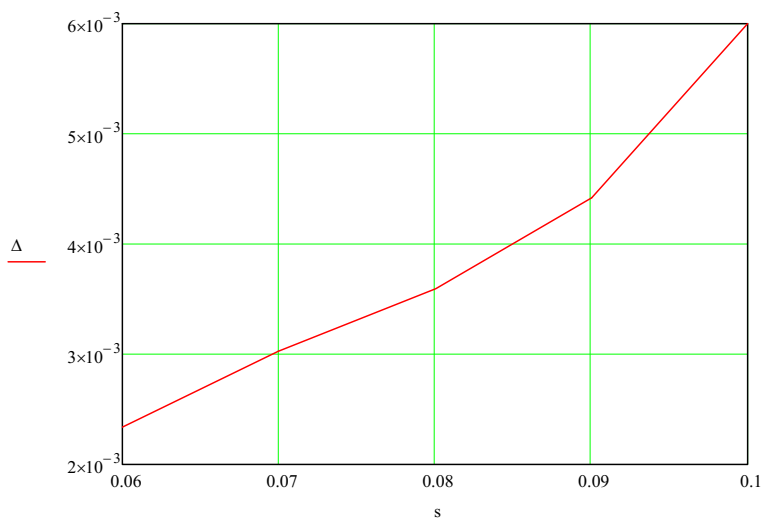


Рис. 4. График влияния величины подачи на кинематическую погрешность

На втором этапе исследовали статическую погрешность. Для этого была построена 3D модель фрезы, указаны контактирующие поверхности, а также приложена нагрузка, образуемая при обработке. Далее построили сетку конечных элементов (рис. 5).

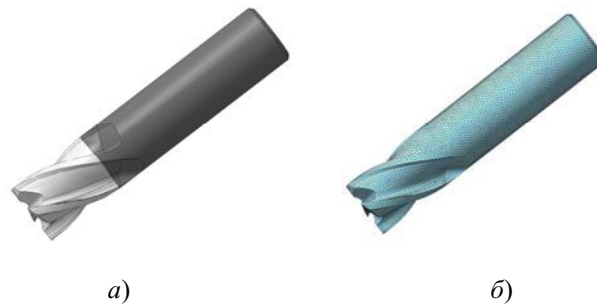


Рис. 5. 3D модель фрезы (а) и конечно-элементная сетка (б)

Результаты расчета приведены на рис. 6.

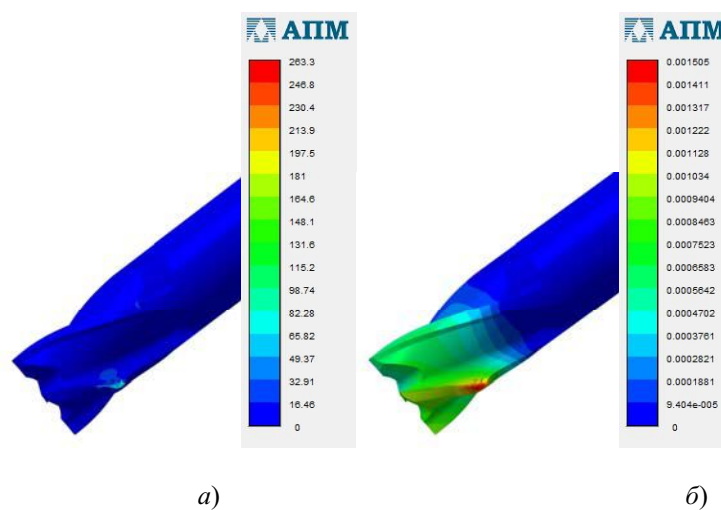


Рис. 6. Эпюры напряжений (а) и перемещений (б), образуемые при обработке

Статическая погрешность при обработке составила 0,001505 мм.

Литература

1. Кувшинский, В. В. Фрезерование / В. В. Кувшинский. – М. : Машиностроение, 1977. – 240 с. : ил.
2. Дружинский, И. А. Сложные поверхности : Математическое описание и технологическое обеспечение : справочник / И. А. Дружинский. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. – 263 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя / Ю. А. Абрамов [и др.] ; под общ. ред. А. Г. Косилова, Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Т. 2. – М. : Машиностроение, 1986. – 496 с.

УЛЬТРАЗВУКОВА ТЕХНОЛОГІЯ В ОБРОБЦІ МОЛОКА

А. Ю. Луппол, О. Ф. Луговський

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут ім. І. Сікорського»*

Науковий керівник І. А. Гришко

Молоко є одним з найбільш розповсюджених продуктів у світі, при цьому технологія його обробки досить складна, потребує дорогого обладнання та значних затрат на обробку. Та не дивлячись на всю складність обробки, ми втрачаємо весь вітамін С,

а кальцій і фосфор переходять в нерозчинні сполуки, які не засвоюються організмом людини. Саме цьому постали питання в альтернативних методах обробки молока. Ми зосередились на ультразвуковій обробці молока.

В попередній роботі [9] нами було проведено аналіз теоретичних відомостей про УЗ обробку молока. Також ми представили математичну модель, за якої, задавши певними параметрами, можливо змоделювати процес гомогенізації та пастеризації молока.

Для проведення розрахунків ми уточнили деякі параметри. Та скористалися вхідними даними, за яких було проведено експерименти в ДП «Старокостянтинівський молочний завод». Основним елементом цього стенду є УЗ кавітатор зображений на (рис. 1). З наступними вхідними параметрами (таблиця).



Рис. 1. Ультразвуковий кавітатор

Параметр	Значення
Потужність установки	400 Вт
Тиск	2 атм
Амплітуда	5 мкм
Частота коливань	22,4 кГц
Діаметр активної зони	60 мм
Висота активної зони	80 мм

Ці данні заводимо в математичну модель представлену в попередній статті [9]. Виходячи з цього отримуємо значення початкових радіусів (рис. 2). Початкові радіуси обмежуються кривою резонансних радіусів (рис. 3).

Як ми бачимо з рис. 3 та рис. 4, резонансний радіус набагато вище, аніж кавітаційної бульбашки за заданої частоти. Це говорить про те, що за наших умов бульбашки не досягатимуть резонансного значення. Тому ми беремо проміжок значень для R_0 (1).

$$R_0 = [2 \cdot 10^{-5}; 6 \cdot 10^{-5}]. \quad (1)$$

Змодельювавши процес ми отримаємо (рис. 4). З графіку видно, що в середньому пухирець схлопується з енергією $E = 0,001$ Дж. Виходячи з того, що ми знаємо потужність кавітатора, ми можемо сказати яку кількість енергії він передає молоку за секунду. Завдяки цій енергії ми маємо змогу порахувати кількість пухирців, що знаходяться в молоці протягом однієї секунди (2):

$$N = \frac{W}{E} = \frac{400}{0,001} = 400000 \text{ од.} \quad (2)$$

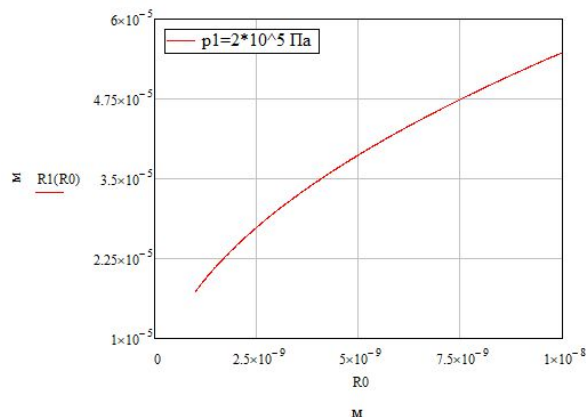


Рис. 2. Розмір початкових радіусів кавітаційних бульбашок розрахований за математичною моделлю

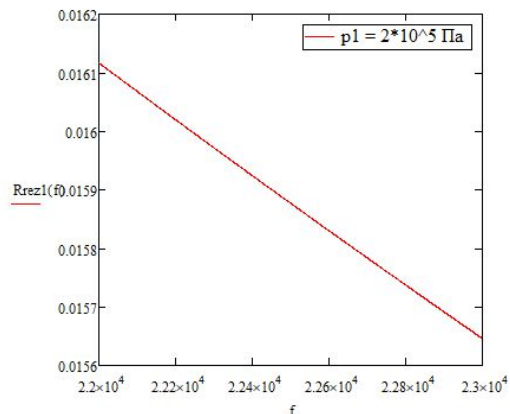


Рис. 3. Максимальні розміри початкових каверн

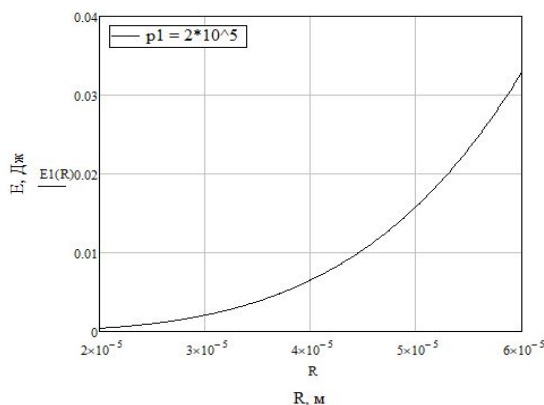


Рис. 4. Енергії схлопування пухирців за вище зазначених умов

Для визначення кількості пухирців, що з'являються у молоці одночасно необхідно визначити час життя пухирця. Для цього необхідно врахувати, що життєвий цикл пухирця становить в середньому 15–25 коливань [7].

Враховуючи, що частота = 22400 Гц, маємо (3):

$$t = \frac{22400}{20} \approx 10^{-4} \text{ с.} \quad (3)$$

Порахуємо кількість пухирців, що схлопуються за 10^{-4} с (4):

$$n = \frac{400000}{10000} \approx 40 \text{ од.} \quad (4)$$

Коли ми маємо кількість пухирців, що схлопуються одночасно, ми можемо сказати який тип схлопування протікає при цьому. Для цього необхідно визначити відстань між пухирцями в об'ємі і якщо ця відстань менша ніж $4R$, то пухирці схлопуються струменевим типом.

Для цих розрахунків прийемо допущення, що пухирці рівномірно розподілені в об'ємі.

$$V = H \cdot \pi R^2 = \pi \cdot 10^{-6} \cdot 72 = 225 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2. \quad (5)$$

Тоді на один пухирець приходиться $V = 5,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$. А це сфера радіусом (6):

$$R = \sqrt[3]{\frac{0,75V}{\pi}} = 1,12 \cdot 10^{-2} \text{ м.} \quad (6)$$

Як ми бачимо з формули (6), відстань між пухирцями в 100 разів перевищує радіус пухирця. Тому робимо висновок, що пухирці схлопуються поодиноці, розповсюджуючи сферичні хвилі.

Визначимо яка кількість енергії потрапляє в молоко при його обробці за витрати 10 л/хв. За вказаної витрати, об'єм молока проходить через активну зону кавітатора за час t (7):

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{225 \cdot 10^{-6}}{0,17 \cdot 10^{-2}} = 1,3 \text{ с.} \quad (7)$$

З цього випливає, що всього в заданому об'ємі, в молоці проходить близько (8) схлопувань. Та кожне з них протікає розповсюджуючи радіальні хвилі.

$$Nm = 400000 \cdot 1,3 = 520000. \quad (8)$$

Зробимо припущення, що ці пухирці схлопуються одночасно, це дає нам змогу визначити який об'єм приходить на одне схлопування (9):

$$V = \frac{Vm}{Nm} = \frac{225 \cdot 10^{-6}}{520000} = 4,3 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2. \quad (9)$$

Як ми бачимо цей об'єм навіть менший за розмір пухирця при схлопуванні. Користуючись відомостями [6], ефективна відстань для ураження становить $4R$, для нас це дорівнює $2 \cdot 10^{-5}$ м. Тому робимо висновок, що ми маємо надлишок пухирців для проведення гомогенізації та пастеризації молока, що гарантує успішність процесу обробки. Для визначення адекватності наведених розрахунків та математичних викладок наведених в попередніх роботах [9] необхідно провести серію експериментів по дослідженню дії ультразвукової кавітації на гомогенізацію та пастеризацію молока. Прогнозування ефективності роботи ультразвукового кавітатора дасть можливість, нам не проводячи натурні досліди визначити необхідні параметри роботи кавітатора, такі як: підведена потужність; інтенсивність введених в рідину ультразвукових коливань; витрата рідини.

Література

1. Хмелев, В. Н. Многофункциональные ультразвуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве / В. Н. Хмелев, О. В. Попова // Тр. Алт. гос. техн. ун-та им. И. И. Ползунова. – Барнаул : АлтГТУ, 2004. – 160 с.
2. Скиба, Е. А. Стерилизация молока с помощью ультразвука / Е. А. Скиба, В. Н. Хмелев. – 1962. – Vol. 7. – № 319. – С. 382–385.
3. Рождественский, В. В. Кавитация / В. В. Рождественский. – Л. : Судостроение, 1977. – 247 с.
4. Федоткин, И. М. О возможностях получения избыточной энергии при кавитации / И. М. Федоткин // Вісник ІХФ. – 2009. – № 1 (3).
5. Лавриненко, О. В. Моделирование механо-физикохимических эффектов в процессе схлопывания кавитационных полостей / О. В. Лавриненко, Е. И. Савина, Г. В. Леонов // Ползунов. вестн. – 2007. – 3-е изд.
6. Луговской, А. Ф. Проблемы создания технологического оборудования для ультразвукового кавитационного обеззараживания воды / А. Ф. Луговской, И. А. Гришко // В кн.: Промислова гідраліка і пневматика. – 2009. – № 4 (26). – С. 3–6.
7. Brenner, Hilgenfeldt, and Lohse. Single-bubble sonoluminescence. Department of Applied Physics and J. M. Burgers Centre for Fluid Dynamics, University of Twente, 7500 AE Enschede, The Netherlands. 2003. – P. 424–472.
8. Перник, А. Д. Проблемы кавитации / А. Д. Перник. – Л. : Судостроение, 1966. – 438 с.
9. Ультразвукова технологія в обробці молока / А. Ю. Луппол [та інш.] // Гідроаеромеханіка в інженерній практиці : матеріали ХХІІ міжнар. наук.-техн. конф. – 2017. – С. 88–91.

**ФОРМИРОВАНИЕ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ПОДВИЖНЫХ
СОЕДИНЕНИЙ ГИДРОАППАРАТОВ****М. С. Мельниченко***Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Д. Л. Стасенко

Важными элементами, определяющими производительность и надежность гидравлической аппаратуры, являются уплотнительные устройства. Они просты по конструкции, имеют малые размеры, кроме того выполняют ответственные функции. В связи с этим уплотнения являются наиболее слабыми элементами, при выходе из строя которых аппарат становится неработоспособным. Темпы и направления развития гидравлических машин и механизмов зависят от совершенствования качеств и свойств уплотнительных элементов [1].

В зависимости от требований, которые могут предъявляться к гидравлическим машинам, уплотнительные элементы должны полностью либо частично обеспечивать герметизацию устройства. Под частичной герметизацией подразумевается уменьшение утечек через щелевые зазоры и уплотнения.

Уменьшение утечек либо их исключение в клапанах осуществляется путем применения контактных и бесконтактных уплотнений.

В бесконтактных уплотнениях жидкость запирается без контакта уплотняющих элементов с подвижными деталями. К таким уплотнениям относят щелевые и лабиринтные уплотнения (рис. 1) [1].

Принцип действия щелевого уплотнения основан на дросселировании потока через щелевой зазор малой площади, образованный между перемещающимися деталями.

Лабиринтное уплотнение основано на удлинении пути дросселирования применением кольцевых проточек и созданием завихрений, увеличивающих перепад давления.

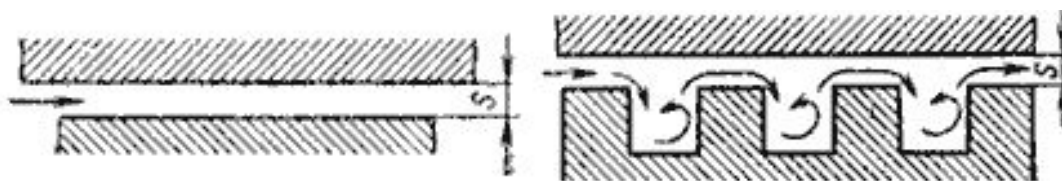


Рис. 1. Щелевое и лабиринтное уплотнение

Контактные уплотнения (рис. 2) обеспечивают перекрытие потока рабочей жидкости. При эксплуатации гидроаппаратов такие уплотнения находятся в режиме непрерывного открытия и закрытия проходной щели. Поэтому в них наиболее интенсивно происходят процессы коррозионного, эрозионного и динамического разрушения. Конструкция контактного уплотнения определяет габаритно-массовые характеристики, надежность, долговечность и энергопотребление исполнительных устройств и элементов [2].

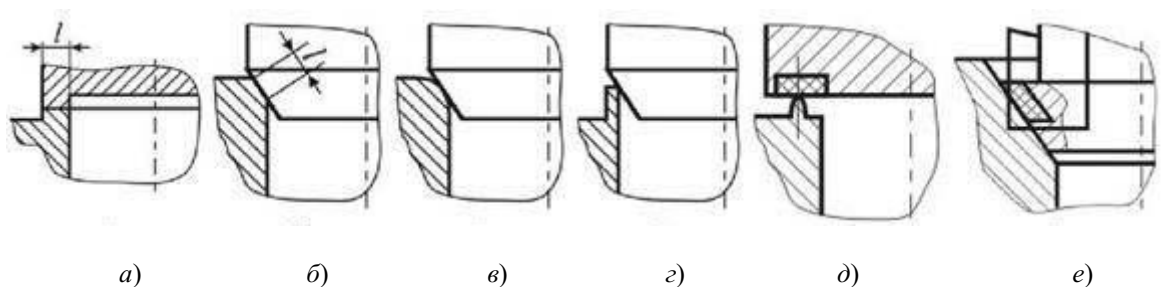


Рис. 2. Конструктивные схемы контактных уплотнений

Чаще всего контактные уплотнения представляют собой пару сопряженных металлических деталей с притертыми плоскими (рис. 2, а) или коническими (рис. 2, б) контактными поверхностями и широким поясом контактирования $l = 2\text{--}5$ мм. Снижение трудоемкости изготовления уплотнений и усилий герметизации можно осуществить с помощью конструкций с минимальной шириной зоны контактирования. Это обеспечивается, например, закруглением кромки седла (рис. 2, в) или выполнением его в виде упругой тонкостенной оболочки (рис. 2, г). Для уплотнения с элементами из полимерных материалов (рис. 2, д) требуются минимальные контактные давления. Конструкции с наплавляемыми вставками (рис. 2, е) используют при повышенных требованиях к герметичности. Эти схемы реализуются во множестве конструктивных вариантов, отличающихся конфигурацией контактных элементов (шар, конус, цилиндр, плоскость, острие), сочетанием нескольких герметизаторов, использованием различных материалов и методов их соединения, системами привода, обеспечения точности посадки клапана в седло и т. д. [2].

Выбор конструктивной схемы уплотнений является наиболее сложным и ответственным этапом при проектировании, так как следует учитывать условия использования и требования, предъявляемые к аппарату.

Таким образом, целью данной работы является рассмотрение конструкций и формирование герметичности подвижных соединений клапанов.

Конструкции уплотнений с плоскими или коническими контактными поверхностями (рис. 2, а, б) работают при небольшом контактном давлении и нормальной тем-

пературе. В вакуумных системах они не обеспечивают необходимой герметичности. К тому же данная конструктивная схема не обеспечивает надежной работы при температурных или силовых колебаниях одной из деталей контактного уплотнения [2].

Для уплотнения с закругленной кромкой седла (рис. 2, в) характерна работа при более высоком контактном давлении, допускаются значительные упругие объемные деформации контактирующих деталей и предъявляются менее жесткие требования к чистоте рабочей жидкости [2].

Для уплотнений с тонкостенной оболочкой (рис. 2, з) характерны пониженные требования к погрешностям изготовления и сборки, допускается значительно меньшая жесткость и возможен более широкий диапазон условий эксплуатации [2].

Уплотнения с элементами из полимерных материалов (рис. 2, д) обеспечивают высокую степень герметичности при малом контактном давлении, что позволяет разрабатывать аппараты и исполнительные устройства с малыми габаритными размерами и низким энергопотреблением, но они не обеспечивают герметизацию при высоком давлении [2].

Проектирование контактных уплотнений осуществляется в определенной последовательности [2]:

- анализ требований и условий эксплуатации;
- выбор метода и вида уплотнения;
- расчет размеров и прочностной расчет уплотнений, уточнение принятых решений и оптимизация конструкции.

Материал пары «затвор–седло» выбирают из условий эксплуатации и стойкости к среде, в которой будет использоваться аппарат.

Необходимые контактные давления $p_{к0}$ могут быть определены из следующих зависимостей [2]:

- 1) при контакте по поверхности

$$p_{к0} = \frac{K_1(C + K_2 \cdot p)}{\sqrt{l}};$$

- 2) при контакте по линии

$$p_{к0} = K_1 \cdot \bar{P}_A.$$

здесь K_1 – коэффициент, учитывающий влияние среды (для жидких сред $K_1 = 1$; для газов, пара и паро-водяной смеси $K_1 = 1,5$; для гелия, водорода, керосина, бензина и других газов и жидкостей с проникающей способностью $K_1 = 2$); C и K_2 – коэффициенты, учитывающие влияние материала в клапанных уплотнениях (для сталей и твердых сплавов $C = 3,5$ МПа, $K_2 = 1$, для меди, баббита, бронзы, латуни $C = 3$ МПа, $K_2 = 1$); l – ширина уплотнения, м; \bar{P}_A – контактная нагрузка, зависящая от материала уплотнения (для меди, баббита, латуни с $HB \leq 90$ $\bar{P}_A = 2$ Н/м; для бронзы, латуни с $HB > 90$ $\bar{P}_A = 2,5$ Н/м; для сталей и твердых сплавов $\bar{P}_A = 3$ Н/м).

Для уплотнений, изготовленных из разных материалов, значение \bar{P}_A принимают по более мягкому материалу.

Заключение. В ходе работы были рассмотрены конструкции и способы формирования герметичности подвижных соединений клапанов. Установлено, что при низком давлении, $\approx 2-3$ МПа, наиболее целесообразно применять уплотнение с тонкостенной оболочкой, так как к ним предъявляются пониженные требования к погрешностям изготовления и сборки, а также возможен широкий диапазон условий эксплуатации. В случае давлений выше 3 МПа рационально применять уплотнение с закругленной кромкой седла, так как на них допускаются более высокие контактные давления, для которых предложены расчетные зависимости. Кроме того, для данного вида уплотнений предъявляются пониженные требования к чистоте рабочей жидкости.

Литература

1. Макаров, Г. В. Уплотнительные устройства / Г. В. Макаров. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Л. : Машиностроение, Ленинград. отд-ие, 1973. – 232 с.
2. Уплотнения и уплотнительная техника : справочник / Л. А. Кондаков [и др.] ; под общ. ред. А. И. Голубева, Л. А. Кондакова. – М. : Машиностроение, 1986. – 464 с.

ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА РАДИАЛЬНОГО ИЛОСКРЕБА

О. В. Мирончук

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель С. Ф. Андреев

Утилизация и обезвреживание сточных вод является одной из самых важных экологических проблем настоящего времени. В этом направлении наработано множество разнообразных технологических методов. Сущность механического метода утилизации состоит в том, что осадок, выпадающий на дно отстойника, удаляется илоскребами, предназначенными для сгребания механических примесей.

На очистных сооружениях г. Гомеля применяются радиальные отстойники $\varnothing 40$ м, которые представляет собой круглые в плане резервуары с размещенными внутри илоскребами. Конструкции применяемых илоскребов зависят от назначения отстойника и вида осадка. Илоскребы, применяемые в первичных радиальных отстойниках, представляют собой вращающийся механизм со скребковыми крыльями и периферийным приводом. На рис. 1 показан общий вид радиального илоскреба, основными динамическими элементами которого являются: 1 – скребковые крылья с комплектом скребков; 2 – пешеходный подвижный мост; 3 – ходовая тележка с электродвигателем привода моста; 4 – опорно-поворотный узел моста и рамы подвески скребковых крыльев; 5 – площадка обслуживания, размещенная на центральной опоре; 6 – борт радиального отстойника.

Принцип работы илоскреба заключается в следующем. Подвижный мост опирается на площадку обслуживания и ходовую тележку, перемещаемую по борту радиального отстойника. От установленной на ходовом колесе тележки мотор-редуктора крутящий момент передается ведущему катку, движущемуся по борту отстойника. Мощность мотор-редуктора в зависимости от его модели может составлять до 1,5 кВт. Подвижный мост является активным водилом, приводящим илоскреб во вращательное движение вокруг вертикальной оси резервуара.

Опорно-поворотный узел сконструирован на основе упорно-радиального подшипника большого диаметра и направляющего цилиндра, которые в свою очередь

опираются на железобетонную центральную опору, соединенную анкерными болтами с дном прямого отстойника.

Рабочими органами илоскреба являются два скребковых крыла, которые при помощи стоек и тяг соединяются с опорно-поворотным узлом.

Скребки, укрепленные на скребковых крыльях под определенным углом, сдвигают неравномерно распределенный по дну отстойника осадок в центральный приямок отстойника, откуда он направляется на обезвоживание. Размеры скребков изменяются по мере приближения их к центральному приямку. Для компенсации неровностей поверхности осадка скребки оснащены устройствами, с помощью которых корректируется их расположение по высоте. Максимальная высота отдельных неровностей осадка в тонкослойных отстойниках может достигать от 0,15–0,5 м.

В зависимости от объема выпавшего осадка илоскребный механизм работает в непрерывном режиме или периодически. В последнем случае он включается за 1 ч до начала удаления осадка. Частота вращения скребковых крыльев может регулироваться от 1 до 3,5 оборотов в час.

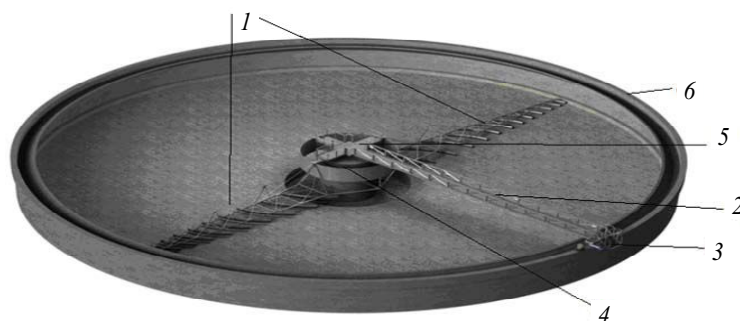


Рис. 1. Общий вид илоскреба

Постановка задачи исследования. Неравномерное распределение толщины осадка по дну отстойника приводит к случайным ударным нагрузкам скребковых крыльев и ослаблению их крепления к опорно-поворотному узлу, что, в свою очередь, вызывает вынужденные колебания скребковых крыльев в вертикальной плоскости. Согласно технической документации, для радиальных илоскребов допустимое вертикальное отклонение оси скребкового крыла от горизонтали не должно превышать 1 мм на длине 1 м.

Возникающие вибрации, амплитуда которых превышает допустимые значения, приводят к износу и поломке стыковочных узлов скребковых крыльев с опорой. Задачей данного исследования является создание модели для определения динамических параметров, минимизирующих амплитуду вынужденных колебаний скребковых крыльев.

Динамическая модель илоскреба. Основные отличия динамической модели от реального механизма заключаются в разрыве кинематических цепей механизма, что вносит дополнительную подвижность в модель [1].

Для разработки динамической модели механизма радиального илоскреба будем считать, что все звенья механизма являются недеформируемыми. Так как жесткость стыковочных узлов скребковых крыльев и центральной опоры из-за часто возникающих перегрузок не обеспечивает эффективную работу илоскреба, узлы стыковки скребковых крыльев и опорно-поворотного узла заменяем безынерционными кинематическими узлами.

матическими связями. За основу динамической модели илоскреба принимаем механическую систему с тремя степенями свободы. С этой целью узлы A и B стыковки скребковых крыльев с опорным узлом заменяем малыми линейными перемещениями ξ_A и ξ_B , имеющими упруго-диссипативные характеристики Ψ и c (рис. 2).

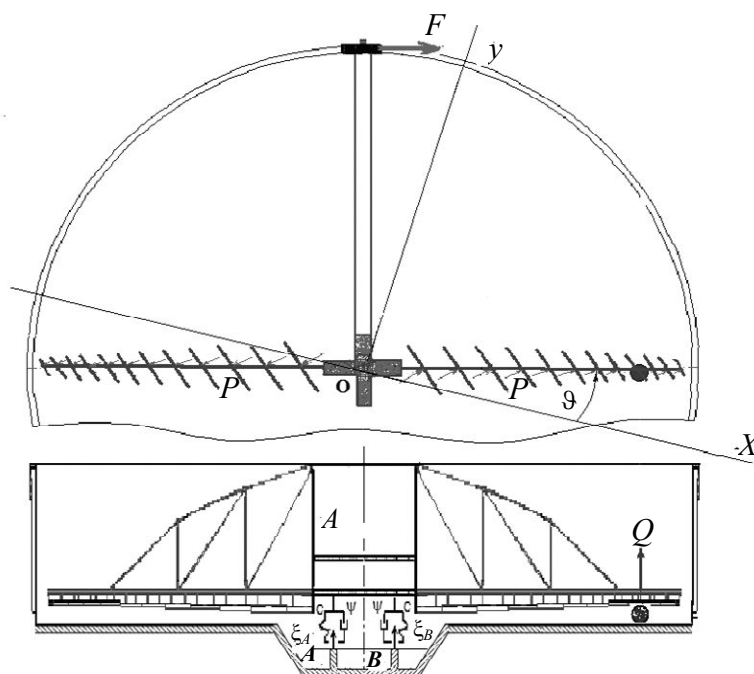


Рис. 2. Кинематическая схема динамической модели илоскреба

В качестве обобщенных координат динамической модели илоскреба принимаем: θ – угол поворота в горизонтальной плоскости скребкового крыла; ξ_A и ξ_B – малые вертикальные перемещения точек крепления опорно-поворотного узла относительно железобетонной центральной опоры. Предлагаемая форма записи уравнений движения динамической модели илоскреба определяется преобразованием трех уравнений Лагранжа второго рода:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{dT}{dq_j} \right) - \frac{dT}{dq_j} = Q_j, \quad j=1, 2, 3, \quad \text{где } q_1 = \theta, \quad q_2 = \xi_A, \quad q_3 = \xi_B.$$

Заключение. Построена динамическая модель илоскреба радиального типа в виде механической системы тремя степенями свободы. Численное решение трех дифференциальных уравнений движения этой системы позволяет определить влияние кинематических и силовых параметров исследуемого механизма на частоту и амплитуду вертикальных вынужденных колебаний скребковых крыльев.

Литература

1. Телегин, В. В. Динамика механизмов многопозиционных холодноштамповочных автоматов / В. В. Телегин. – Липецк : ЛГТУ, 2006. – 204 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ КАВИТАТОРОВ В ТОПЛИВНОЙ МАГИСТРАЛИ АВТОМОБИЛЯ

В. М. Забила, И. В. Ночниченко, Д. В. Костюк, А. И. Зилинский

*Национальный технический университет Украины «Киевский
политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Научный руководитель А. Ф. Луговской

Актуальность. На сегодняшний день существуют автомобильные портативные подкапотные топливные кавитаторы и активаторы топлива, функция которых заключается в улучшении эксплуатационных характеристик горючего для ДВС, а именно экономия топлива, экологичность и повышение мощности двигателя с помощью гидродинамической кавитации и магнитных активаторов [1], [2].

Анализ существующих решений показал, что при кавитационной обработке топлива меняются его эксплуатационные характеристики: снижается плотность, увеличивается текучесть, увеличивается эффективность сгорания, что ведет к снижению вредных выбросов двигателей, топливной экономичности до 30 % [3]–[6]. Для эффективного использования кавитационных явлений в технологических процессах необходимо исследовать механизм возникновения кавитационных пульсаций давления и обеспечения образования кавитации в широком диапазоне работы в переменных условиях эксплуатации. Активированное жидкое топливо имеет повышенные энергетические показатели горения. Такое топливо успевает полностью с максимальной эффективностью сгореть в камере двигателя внутреннего сгорания, в результате чего не смывается смазочная пленка с пар трения.

Цель: повышение энергетических характеристик топлива за счет гидродинамической кавитационной обработки.

Для достижения цели решались следующие задачи:

- анализ способов достижения стабильности кавитационной обработки топлива в изменяющихся условиях эксплуатации;
- исследование взаимосвязи конструктивных параметров, проводимости сопел и температуры рабочей жидкости, расход и перепад давления;
- разработка схемы экспериментального стенда для исследования различных форм гидродинамических кавитаторов.

Для решения поставленной задачи на основании анализа существующих типов дроссельных устройств и их расходно-перепадных характеристик определено, что насадок типа сопла Лавала является наиболее энергоэффективным для использования его на низких скоростях движения жидкости и перепадах давления (рис. 1) [7], [8]. Устройство устанавливается в разрыв топливной магистрали между топливным насосом и двигателем.

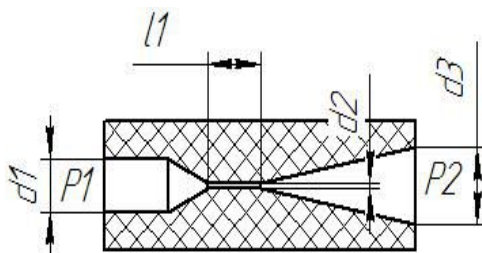


Рис. 1. Принципиальная схема гидродинамического кавитатора типа сопла Лавала

Для эффективной работы устройства в топливной магистрали автомобиля (стабильной кавитации) нужно обеспечить скорость движения жидкости в сопле в пределах 20–30 м/с.

Основные характеристики топливной магистрали автомобиля (с объемом двигателя 1,2–1,6 л):

- расход рабочей жидкости (Q) – 4–6 л/мин;
- начальная температура топлива (t) – 20 °С;
- рабочее давление в топливной системе (p) – 2,5–3,5 бар.

На следующем шаге была разработана оригинальная схема стенда с обратным проточным сливом топлива в бак (топливо с постоянной скоростью движется от насоса в бак на всех режимах работы) (рис. 2). Постоянная скорость топлива дает возможность расчета дроссельного отверстия d_2 (давление насыщенного пара для бензина составляет по ДСТУ 4063–2001 79,9 кПа) при условии незначительного изменения температуры.

Предложенное кавитационное устройство для обработки жидкости позволяет активировать жидкость за счет гидродинамической кавитации.

Экспериментальный стенд состоит из гидродинамического кавитатора, в котором рационально подобрано количество и размер дросселирующих элементов для обеспечения наиболее эффективного кавитационного течения ГДК, обратный клапан КТП с термокомпенсацией установлен для предотвращения избыточного давления при увеличении плотности или вязкости топлива, а также предотвращения непоступания топлива при засорении сопел, топливной рампы, распределителя ИР для имитации пульсаций впрыска топлива, клапана давления КД для защиты системы питания, автомобильного фильтра для очистки топлива Ф, редукционного клапана КР для поддержания соответствующего давления впрыска топлива с рампы, манометров М1 и М2 для фиксации перепада давления на кавитаторе, расходомера Р.

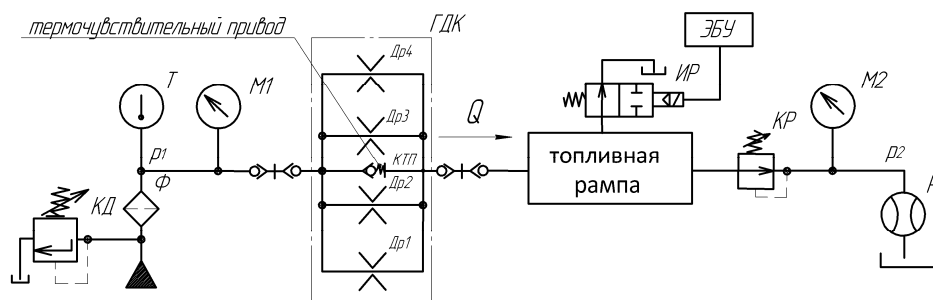


Рис. 2. Принципиальная схема стенда для исследования ГДК проточного типа:
 ГДК – гидродинамический кавитационный генератор; КД – клапан давления;
 Ф – автомобильный фильтр; КР – редукционный клапан; ИР – имитирующий
 распределитель; ЭБУ – электронный блок управления;
 М1, М2 – манометры; Р – расходомер

Из уравнения расхода в сопле Лавалья диаметр дросселя (d_2) рассчитывается по формуле

$$d_2 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V_2}},$$

где V_2 – необходимая скорость движения жидкости в сопле.

Экспериментальное исследование. Исследование проводится на гидравлическом стенде, который был разработан под условия работы узла гидродинамического кавитатора в топливной магистрали автомобиля (рис. 2). Спроектирован и изготовлен макет с прозрачной рабочей камерой из полиметилметакрилата, что позволяет фиксировать гидродинамические процессы при проведении эксперимента высокоскоростной камерой.

Экспериментальный образец подкапотного гидродинамического кавитатора показан на рис. 3. При проливке кавитатора бензином наблюдалось образование кавитационного факела и дальнейшее движение кавитационного потока на выходе из аппарата.

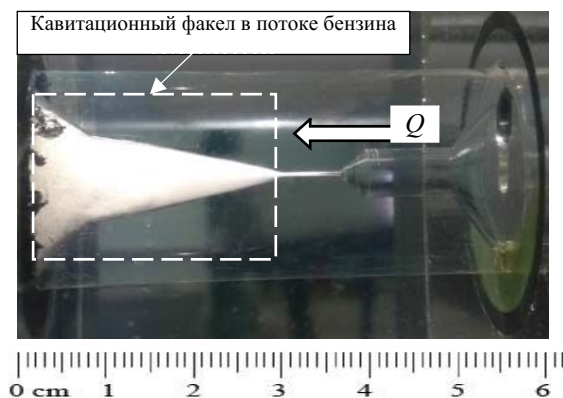


Рис. 3. Сформированный кавитационный факел в сопле Лавалья, давление 2,5 бар, расход 1,4 л/мин, диаметр дросселя $d_2 = 0,8$ мм

Закключение. В результате проведенной работы определено теоретически и подтверждено экспериментально, что сопло Лавалья является наиболее энергоэффективным при небольших давлениях и скоростях движения жидкости, также убедились в этом практически с помощью визуализации рабочего процесса в изготовленном гидродинамическом кавитационном устройстве из прозрачного органического стекла.

Экспериментально подтверждена работоспособность изготовленного кавитатора и установлено, что давление насыщенного пара может варьироваться в зависимости от температурных условий эксплуатации и режимов работы двигателя, при условии, что система подачи топлива автомобиля является не «тупиковой».

ВНЕДРЕНИЕ ОДНОВРЕМЕННО-РАЗДЕЛЬНОЙ ДОБЫЧИ НЕФТИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ (НА ПРИМЕРЕ РЕЧИЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ)

А. А. Процьк

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель С. В. Козырева

Как правило, нефтяные месторождения – многопластовые. При совместной эксплуатации пластов таких месторождений, т. е. при одинаковых забойных давлениях, происходит неравномерная выработка отдельных пластов, уменьшается степень извлечения нефти из недр. Рациональным способом добычи нефти из много-

пластовых месторождений является одновременная раздельная добыча (ОРД) из нескольких пластов одной скважины. Ствол скважины оборудуют таким образом, чтобы каждый пласт эксплуатировался в заданном для него технологическом режиме. Пласты между собой через скважину не сообщаются, и их продукция направляется на поверхность раздельно.

Подъем продукции обоих пластов на поверхность осуществляется по одной колонне насосно-компрессорных труб (НКТ). Данная установка для ОРД из двух пластов отличается тем, что штанговый насос в ней снабжен дополнительным всасывающим клапаном, установленным на боковой поверхности цилиндра в точке, делящей цилиндр пропорционально дебитам пластов. Пласты разделены между собой пакером.

Схема установки изображена на рис. 1. В состав установки входит дополнительный всасывающий клапан 1, цилиндр насоса 2, основной всасывающий клапан 3, пакер 4, хвостовик 5, зона перфорации 6, верхняя зона перфорации 7, плунжер 8, нагнетательный клапан 9, трубка 10.

Речицкое нефтяное месторождение разрабатывается с 1964 г. и находится на последней, IV, стадии разработки, для которой характерны малые темпы добычи нефти и высокая обводненность продукции. В связи с этим в 2011 г. было принято решение о внедрении системы ОРД в НГДУ «Речицанефть», а именно на Речицком месторождении, так как оно являлось многопластовым и с различными коллекторскими свойствами.

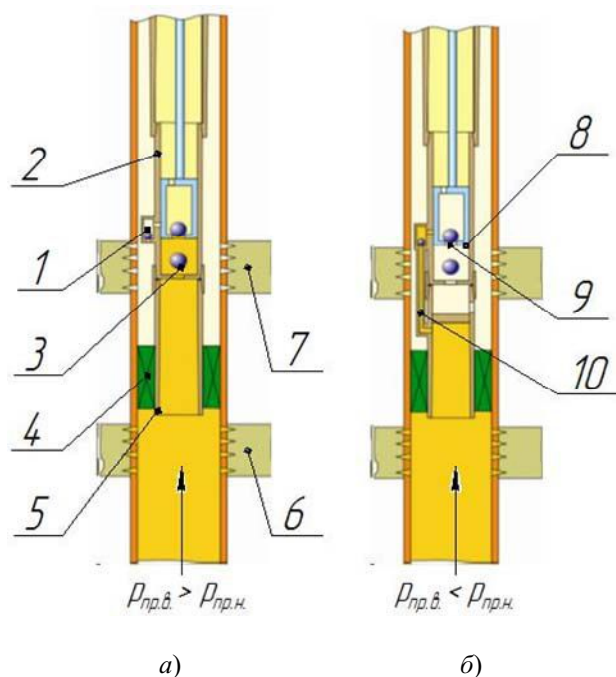


Рис. 1. Схема однолифтовой установки:

а – для случая, когда забойное давление верхнего объекта больше, чем у нижнего;
б – для случая, когда забойное давление верхнего объекта меньше, чем у нижнего

По состоянию на 2017 г. в НГДУ «Речицанефть» на Речицком нефтяном месторождении было внедрено 18 скважин, оборудованных ОРД (рис. 2).

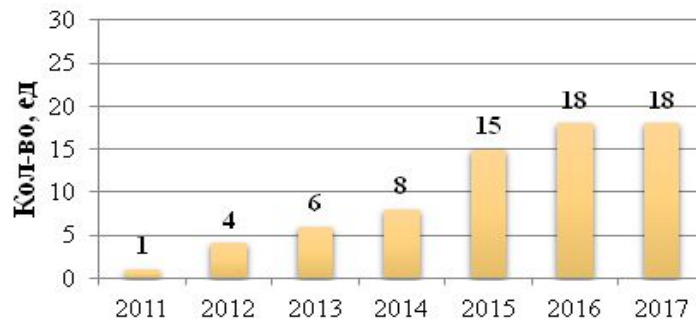


Рис. 2. Динамика внедрения скважин ОРД на Речицком месторождении (2011–2017 гг.)

Отсутствие динамики за последний год связано с тем, что две скважины были выведены из фонда, а две введены в эксплуатацию.

При этом прирост добычи нефти из этих скважин за счет внедрения ОРД на Речицком месторождении приведен на следующем графике (рис. 3):

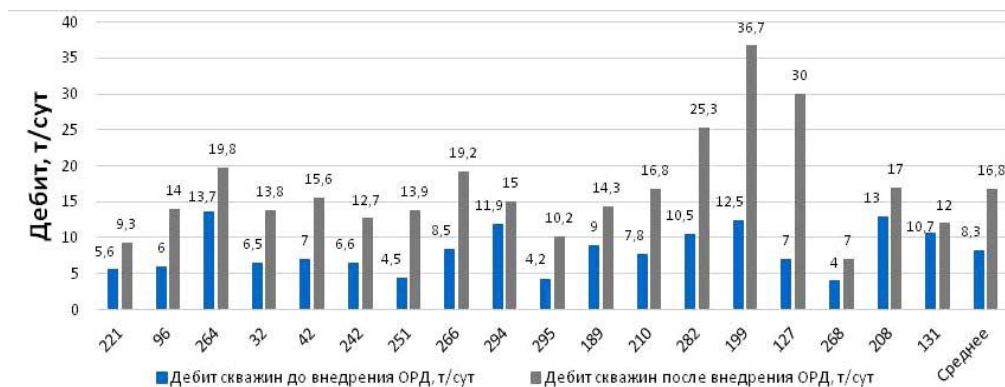


Рис. 3. Добыча скважин до и после внедрения ОРД на Речицком месторождении

По мере внедрения технологии ОРД происходили отказы работоспособного оборудования. Основными причинами отказа были: обрыв или отворот штанг (67 % от всех отказов); негерметичность подземного оборудования (15 %); отсутствие подачи (5 %); заклинивание насоса (13 %). Основная доля отказов приходится на обрыв или отворот штанг. Большинство этих отказов связано со сломами погружного оборудования (плунжеров, штоков, штанг). Происходит это из-за особенности конструкции насоса: наличия дополнительного отверстия в цилиндре и может приводить к ряду нежелательных последствий, а именно: снижению прочностных характеристик цилиндра насоса и надежности насоса в целом.

Для реализации технологии ОРД на добывающих скважинах месторождений Беларуси применяется трубный штанговый насос (ТНО – трубный насос для одновременно-раздельной добычи), оснащенный двумя всасывающими и одним нагнетательными клапанами с системой отвода газа, поступающего на прием насоса из нижнего горизонта. Замена сверления отверстия в цилиндре насоса на разрезание в месте установки бокового всасывающего клапана (БВК) с последующей фиксацией корпуса БВК с верхней и нижней частью цилиндра насоса с помощью резьбы позволит: обеспечить равнопрочность цилиндра насоса в зоне БВК; увеличить надежность

крепления узла бокового всасывающего клапана и герметичность насосной установки в целом; исключить вероятность смещения БВК при проведении СПО и/или при эксплуатации скважины.

Основной целью разработки разрезного насоса для реализации технологии одновременно-раздельной добычи на основе трубного насоса является повышение надежности насосов для ОРД и увеличение их наработки на отказ. Были проведены стендовые испытания. Для этого был взят цилиндр насоса НН-38, бывший в эксплуатации. При изготовлении цилиндра резного насоса вместо БВК был вставлен его имитатор. После уточнения соосности и доработок резьбовых соединений были проведены испытания на стенде для определения максимальной осевой нагрузки. При проведении испытаний клапанного узла (рис. 4) при давлении 12,5 МПа определено, что он выдерживает нагрузку более 30 т.

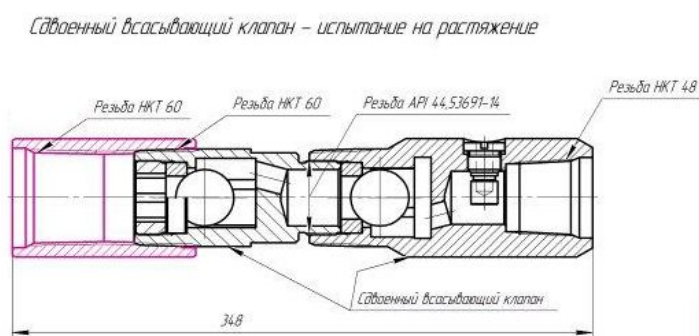


Рис. 4. Сдвоенный всасывающий клапан насоса ОРД

По завершению испытаний были взят насос 25-150ТНМ-СШ и переоборудован под образец разрезного насоса и вскоре был спущен на скважине № 242 Речицкого месторождения.

Скважина № 242 Речицкого месторождения (v+ln-st) – спуск ТНО 113/38-Р-О, **разрезной** («Элкам-Нефтемаш»), $H_{стп} = 2391$ м. Нарботка на отказ составляет 63 сут. Параметры СК: $N = 6,5$ кач/мин, $S = 3$ м. Был произведен замер дебита по буллиту, который составил $11,2$ м³/сут. По динамограмме (рис. 5) продолжает отмечаться влияние газа на работу подземного оборудования.

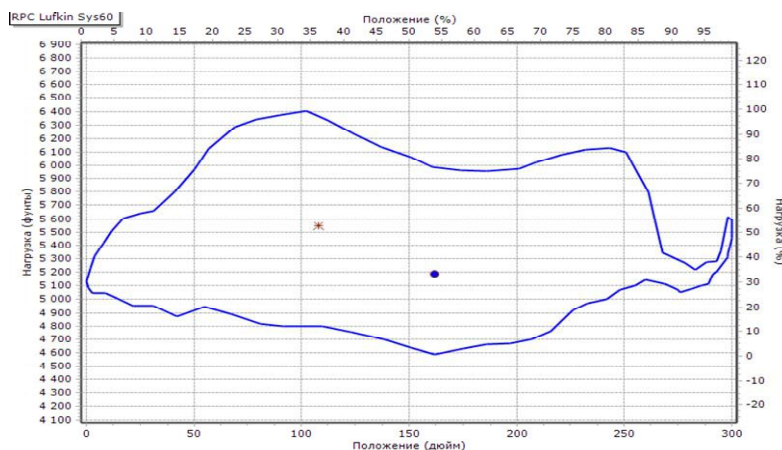


Рис. 5. Динамограмма работы насосного оборудования (5,5х3)

В период с 01.12.2016 по 05.12.2016 гг. на скважине проведены исследования с целью определения дебита и обводненности каждого из горизонтов. В ходе проведения исследований из-за значительного растяжения (около 80 %) не удалось получить требуемой производительности насоса. Динамический уровень при этом вырос до 1340 м. Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод, что в работе разрезных насосов осложнений, связанных с конструктивными особенностями, не выявлено. Заклиниваний плунжера в цилиндре ТНО в месте установки БВК при работе насосов не отмечено, проявление гидродинамической связи между эксплуатируемыми горизонтами не установлено.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТОХАСТИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СКОРОСТНЫХ ЦЕПНЫХ ПЕРЕДАЧАХ

С. В. Струтинский, Р. В. Семенчук

*Механико-машиностроительный институт Национального
технического университета Украины «Киевский политехнический
институт имени Игоря Сикорского»*

Цепные передачи широко применяются в машинах различного назначения, в частности в транспортных средствах. Они имеют простую конструкцию, высокую несущую способность, отличаются надежностью работы. Недостатком данных передач является возникновение динамических ударных нагрузок случайного характера. Поэтому исследование стохастических динамических нагрузок в цепных передачах является актуальным.

Рассмотрены скоростные цепные передачи транспортных средств. Выполнен анализ их геометрических и инерционных параметров. Проведена оценка их кинематических характеристик. Рассмотрены упругие свойства скоростных цепных передач и их влияние на кинематические характеристики. Дана оценка диссипативных свойств цепных передач и приводов.

Проведено исследование причин возникновения динамических нагрузок в цепной передаче. Определен характер нагрузок. Обосновано появление интенсивных динамических импульсных нагрузок стохастического характера. Определен вид и характер импульсных нагрузок, которые возникают при контакте роликов цепи с зубьями звездочки.

Исследовано влияние геометрических и динамических параметров цепной передачи на вид и величину импульсной случайной нагрузки. Установлены особенности формирования вектора случайной импульсной нагрузки на звездочку со стороны ролика цепи. Импульсные нагрузки аппроксимированы прямоугольными импульсами со случайными значениями энергии. Выделена центрированная составляющая случайных импульсных нагрузок. Выполнен спектральный анализ стохастических импульсных нагрузок. Определены статистические характеристики нагрузок в цепной передаче (рис. 1).

Выполнен анализ полученных статистических характеристик и предложены нелинейные математические модели для их описания.

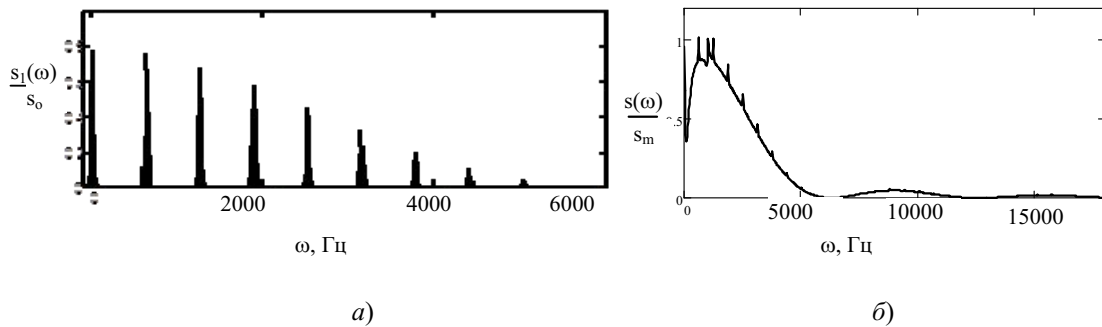


Рис. 1. Статистические характеристики (спектральные плотности) динамических нагрузок в цепной передаче:
 а – спектр нагрузки в виде периодических импульсов постоянной амплитуды; б – общая спектральная плотность стохастических импульсных нагрузок в цепной передаче

Спектральная плотность динамической нагрузки в виде периодических импульсов постоянной амплитуды:

$$s_1(\omega) = \sum_{k=-\infty}^{k=+\infty} \frac{\sqrt{2\pi}F_0^2}{T^2\sigma_a\omega^2} e^{-\frac{(\omega - \frac{2\pi k}{T})^2}{2\sigma_a^2}} \cdot \sin^2(T\gamma\omega/2),$$

где F_0 – значение амплитуды импульсов; T – период действия импульсной нагрузки; σ_a^2 – нормированная дисперсия импульса спектральной плотности; ω – частота; γ – коэффициент, определяющий ширину прямоугольных импульсов нагрузки.

Общая спектральная плотность стохастической импульсной нагрузки (см. рис. 1, б) описана зависимостью

$$s(s) = s_1(\omega) + \frac{4\sqrt{F_{\text{ск}}^2 - F_0^2}}{T\omega^2} \sin^2(T\gamma\omega/2),$$

где $F_{\text{ск}}$ – среднеквадратичное значение случайной составляющей импульсной нагрузки.

Полученные статистические характеристики дают возможность определить параметры динамических колебательных процессов в цепных передачах.

Разработаны математические модели для расчета стохастических импульсных динамических процессов которые возникают при работе скоростных цепных передач. Модели реализованы в виде отдельных блоков которые описывают динамику отдельных узлов и приводов цепных передач, а также их промежуточных и выходных механизмов. Модели имеют входные и выходные порты. Порты соединяются в общей математической модели, образуя прямые и рекурсивные связи. Стохастические импульсные нагрузки в цепных передачах моделируются набором импульсов случайной амплитуды.

Моделирование стохастических импульсных динамических нагрузок выполнено средствами системы Simulink пакета Matlab. Получены реализации случайных импульсных процессов в скоростных цепных передачах (рис. 2, а).

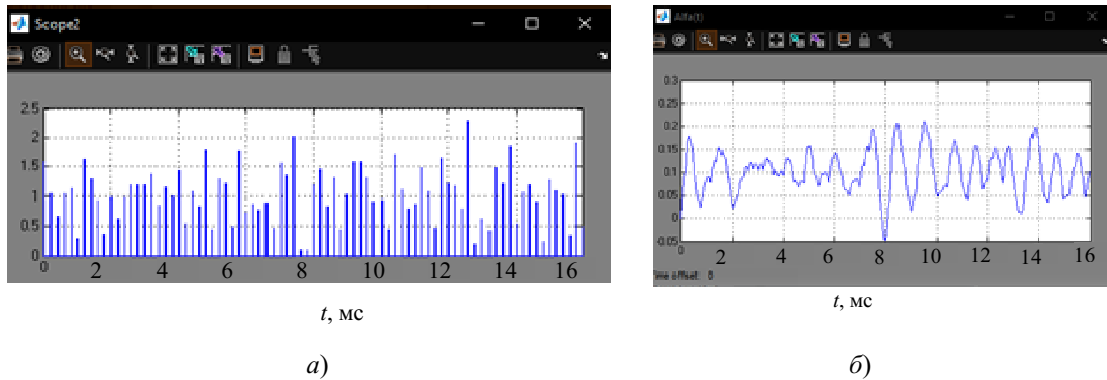


Рис. 2. Результаты математического моделирования стохастических импульсных нагрузок в скоростной цепной передаче (а) и расчетные значения пульсаций угловой скорости ведомой звездочки зубчатой передачи (б)

Параметры случайных импульсов изменяются в широких пределах с возможностью их приближения к реальным импульсным нагрузкам.

Полученные в результате моделирования стохастические импульсные нагрузки подаются на отдельные блоки математических моделей через соответствующие входные порты. При этом на выходе модели регистрируются необходимые параметры динамических процессов в передаче. Определены временные зависимости пульсаций момента, угловой скорости и ускорения на выходном звене передачи (рис. 2, б).

Выполнен анализ полученных результатов моделирования. Определены качественные и количественные параметры случайных колебаний. В частности, определены особенности колебательных процессов типа «биение». Полученные результаты дополнены моделированием статистических характеристик общей динамической системы цепной передачи (рис. 3).

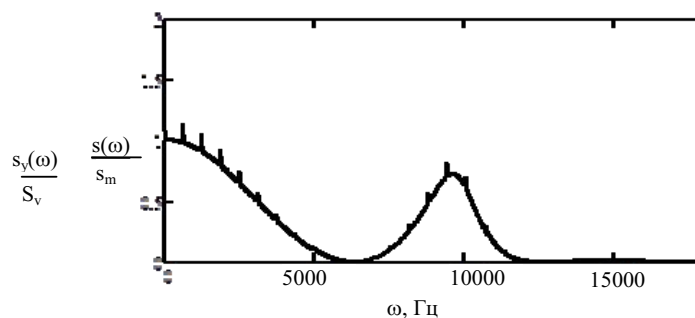


Рис. 3. Результаты расчета спектральной плотности пульсаций угловой скорости выходного звена скоростной цепной передачи

Исследованы частотные спектры пространственных колебаний динамической системы передачи. Определены диапазоны частот резонансных областей пространственной динамической системы передачи и их связь с параметрическими резонансами в приводе. Для снижения интенсивности колебаний в передаче предложено использовать инерционные демпферы [1], [2] которые устанавливаются на корпусных деталях цепной передачи. Инерционные демпферы имеют массивные шары, расположенные в сферических полостях, заполненных ферромагнитной жидкостью. По периферии корпуса каждого демпфера размещены постоянные магниты. При перемещении шаров

имеет место интенсивное движение ферромагнитной жидкости, сопровождающееся потерями энергии, что приводит к демпфированию колебаний несущей системы. Параметры демпферов выбраны из условия реализации оптимальных условий снижения динамических нагрузок. Применение демпферов значительно улучшает динамические характеристики системы. Снижение колебательности на резонансных частотах составляет 10–25 %. Резонансные области смещаются в область высоких частот, где активно проявляются собственные диссипативные процессы в динамической системе цепной передачи.

Полученные результаты являются основой проектирования цепных передач с повышенными скоростными характеристиками.

Литература

1. Струтинський, С. В. Дисипативні характеристики демпферів із феромагнітною рідиною, призначених до використання у просторовій системі приводів / С. В. Струтинський // Промислова гідраліка і пневматика. – 2014. – № 4 (46). – С. 56–62.
2. Яхно, О. М. Розробка інерційного демпфера коливань виконавчого органу просторової системи приводів навісного обладнання трактора / О. М. Яхно, С. В. Струтинський // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь : ТДАТУ, 2014. – Вип. 14, т. 3. – С. 19–29.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОПУСКОВ НА ЭЛЕМЕНТЫ УСИЛИТЕЛЯ СОПЛО–ЗАСЛОНКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОПУСКОВ НА ВЫХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ГИДРОПРИВОДА

Э. Г. Тончинский

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Г. С. Кульгейко

Гидроусилитель типа сопло–заслонка (рис. 1) состоит из управляющего элемента в виде нерегулируемого дросселя 1, междроссельной камеры 2, регулируемого дросселя, выполненного в виде сопла 3, заслонки 4 и задающего устройства 6, а также из исполнительного элемента 5.

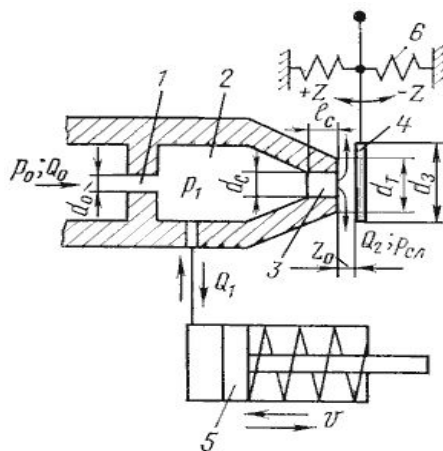


Рис. 1. Гидроусилитель типа сопло–заслонка:

- 1 – нерегулируемый дроссель; 2 – междроссельная камера; 3 – сопло;
4 – заслонка; 5 – исполнительный элемент; 6 – задающее устройство

Жидкость подается к гидроусилителю со стороны нерегулируемого дросселя. Из междроссельной камеры одна часть жидкости Q_2 вытекает через щель, образованную торцом сопла и заслонкой, а другая Q_1 поступает к исполнительному элементу.

При изменении положения заслонки изменяются давление в междроссельной камере и расход через сопло. Одновременно изменяются усилие на исполнительный элемент, расход Q_1 и скорость v движения выходного звена. Нерегулируемый дроссель может быть выполнен в виде пакета тонких шайб с круглыми отверстиями.

К регулируемым и постоянным дросселям типа сопло–заслонка предъявляются следующие требования:

1) основное расходное отверстие сопла (рис. 2) должно быть изготовлено с точностью 0,03–0,05 мм, а рабочий торец каждого сопла должен быть перпендикулярен к оси этого отверстия (отклонение 0,03–0,05); рабочие кромки расходного отверстия сопла должны быть острыми, без забоин, заусенцев и вмятин;

2) смещение оси внутреннего расходного отверстия относительно наружного не должно превышать 0,02 мм;

3) каждое сопло проверяют на расход рабочей жидкости при определенных условиях, зависящих от технических требований на следящий привод; при необходимости для обеспечения расхода рабочей жидкости разрешается доработка расходного отверстия сопла в пределах допуска;

4) диаметральный зазор между сопрягаемыми рабочими поверхностями деталей постоянных дросселей должен быть 0,004–0,008, 0,006–0,0011 мм при допуске на зазор 0,004–0,005 мм;

5) отклонение сопрягаемых рабочих поверхностей деталей постоянных дросселей от цилиндричности должно быть 0,001–0,002 мм;

6) чистота обработки сопрягаемых рабочих поверхностей Ra 0,63–0,32 мкм.

Размеры управляющего и распределительного элементов оказывают существенное влияние на выходные параметры и для стабильности работы гидроусилителя необходимо допуски на основные элементы установить, исходя из допустимых колебаний выходных параметров.

Работами Н. Г. Бруевича, Н. А. Бородачева и др. установлено, что если между выходными параметрами какого-либо сборочного узла y и его размерами или другими характеристиками x_1, x_2, \dots, x_n имеется аналитическая зависимость вида

$$y = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

и она дифференцируется до n -го порядка для всех значений x_1, x_2, \dots, x_n в промежутках $z_1 \pm \delta_1, z_2 \pm \delta_2, \dots, z_n \pm \delta_n$, где z_1, z_2, \dots, z_n – частные значения аргументов, соответствующие рассматриваемым характеристикам, то допуск на величину y определится из выражения (метод функциональной взаимозаменяемости)

$$\delta y = \sqrt{\left(\frac{\partial \varphi}{\partial x_1}\right)_{x_1=z_1}^2 \cdot \delta_1^2 k_1^2 + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x_2}\right)_{x_2=z_2}^2 \cdot \delta_2^2 k_2^2 + \dots + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x_n}\right)_{x_n=z_n}^2 \cdot \delta_n^2 k_n^2},$$

где $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ – соответствующие допуски на величины x_1, x_2, \dots, x_n ; k_1, k_2, \dots, k_n – коэффициенты рассеяния, значения которых определяются законами распределения величин x_1, x_2, \dots, x_n .

Методика расчета. Как видно из схемы работы гидроусилителя типа сопло-заслонка (рис. 2), отклонение распределительного золотника от нейтрального положения есть функция перепада давления на торцах золотника $\Delta P_{ТЗ}$. Величина $\Delta P_{ТЗ}$ зависит от правильного подбора обоих сопл.

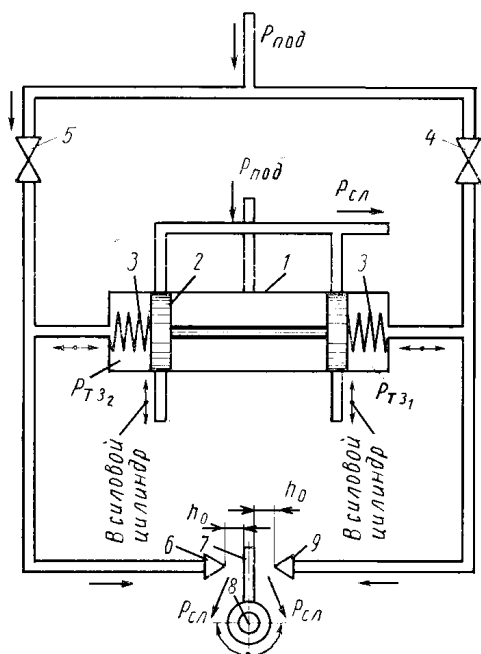


Рис. 2. Схема двухкаскадного гидравлического усилителя

Для обеспечения высокой чувствительности и быстродействия гидроусилителя сопла должны отличаться друг от друга по расходу рабочей жидкости на возможно минимальную величину. Для обеспечения функциональной взаимозаменяемости сопел необходимо, исходя из допустимой разности расхода рабочей жидкости, определить допуски на функциональные параметры.

Для удобства и увеличения скорости расчета была разработана программа в среде разработки Delphi на языке программирования Object Pascal.

Исходя из полученных зависимостей, имеем следующие входные параметры и методику расчета:

Исходные данные δQ_C – допустимая разность расходов жидкости; h_0 – первоначальный зазор между соплом и заслонкой; d_C – диаметр сопла; ΔP_C – перепад давления; μ – коэффициент расхода; ρ – плотность рабочей жидкости.

Исходя из указанных выше входных параметров и конечной методики расчета был разработан соответствующий алгоритм программы.

Программа состоит из одного окна (рис. 3), в левой части которого расположены поля для ввода исходных данных, а в правой рассчитанные значения допусков.

Исходные данные		Результаты расчета	
δQ_c	0,3333 см ³ /с	δd_c	0,039939 см
h_0	0,007 см	δh_0	0,005083 см
d_c	0,055 см	$\delta \Delta P_c$	2,904707 кг/см ²
ΔP_c	20 кг/см ²		
μ	0,6 о.е.		
ρ	1 10^{-6} кг·с ² /см ⁴		

Рис. 3. Окно программы

В результате выполнения данной работы были рассмотрены устройство и принцип действия гидравлического усилителя типа сопло-заслонка, проанализирован метод и разработана программа для расчета технологических допусков на элементы первого каскада гидравлического усилителя в зависимости от допусков на выходные параметры гидропривода. Данный расчет позволяет обоснованно подойти к назначению допусков на элементы гидравлического усилителя, рассчитать допуски на диаметр сопла, первоначальный зазор между соплом и заслонкой и перепад давлений в сопле.

Литература

1. Башта, Т. М. Машиностроительная гидравлика : справоч. пособие / Т. М. Башта. – М. : Машиностроение, 1971. – 672 с.
2. Гидравлические следящие приводы (гидроусилители). – Режим доступа: <http://gidrav1.narod.ru/gidrosled.html>. – Дата доступа: 02.08.2015.
3. Шагинян, А. С. Электрогидравлические усилители / А. С. Шагинян, В. В. Болотский. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2001. – 105 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ЧПУ ДЛЯ НАПИСАНИЯ И ТЕСТИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

А. А. Хорт

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Н. А. Старовойтов

Существует ряд проблем, которые возникают при написании управляющих программ для станков с ЧПУ на персональных компьютерах (ПК), а именно: неконгруэнтность (несовместимость) G и M функций и замкнутых контуров, неправильное движение по обрабатываемому контуру из-за грубых ошибок, что приводит к поломке инструмента и повреждению механизмов дорогостоящего станка, невозможность определить при прогоне программы на станке, с чем связана ошибка (с неисправностью станка с ЧПУ или с ошибками программы); неправильная структура управляющих программ (УП) и неправильный формат кадра.

Для решения этих проблем все ведущие фирмы-производители систем ЧПУ создают образы реальных систем, так называемые виртуальные ЧПУ, которые монтиру-

ются на ПК и позволяют составлять УП, осуществлять их обработку в 2D и 3D формате с целью выявления ошибок и последующей коррекции УП. При внимательной проверке выявляется от 90 до 100 % ошибок.

Виртуальные системы ЧПУ часто называют эмуляторами. Они могут работать в операционной системе (ОС) Windows, а также с помощью специальных программ, например, VMware Workstation и других для создания, редактирования и запуска виртуальных машин. Как правило, процесс создания УП и их обработка на станке требует тщательного их прогона на станке с целью выявления ошибок и их устранения. Это приводит к большим материальным затратам, которые выражены в неэффективной покадровой работе станка из-за довольно длительной процедуры обработки УП.

Для использования виртуальной системы ЧПУ серии NC200 созданы образы токарного варианта «Emule-T» и фрезерного варианта «Emule-F» производителем систем ЧПУ ООО «Балт-Систем», Санкт-Петербург, РФ в среде VMware Workstation, с помощью которой можно запустить данные образы на персональных компьютерах (ПК) с ОС Windows.

Образы «Emule» являются программами, которые позволяют практически для любого станка с системой ЧПУ серии NC200 с числом координат до 16-ти создать виртуальную систему-эмулятор.

Для того чтобы запустить данные образы, необходимо последовательно выполнить следующие команды:

1. В главном меню с помощью команды «Файл/Открыть» находим на внешнем носителе файл образа.
2. Выбираем в графе «Библиотека» нужный образ системы.
3. Переходим на вкладку появившегося образа и выбираем «Emule-F» (фрезерный вариант).
4. Нажимаем «Включить виртуальную машину».

В появившемся новом окне (рис. 1) выбираем цифру 2 для запуска нужной системы ЧПУ (в данном случае системы NC200).

```

          <<<< KeyBus >>>>
Support national languages for IBM PC or compatible computers
Version 7.3 from March 3 1992
(c) Copyright 1989-1992 by GurtJak D. (Ukraine, Donetsk)

USAGE: KEYBUS [/key1 /key2 ...] - run KeyBus
      KEYBUS [/key1 /key2 ...] /SAVE - for save parameters
      KEYBUS /HELP[:BUS] - for quick help

=====
* 1 - CNC 118 *
* 2 - CNC 208 *
* 3 - NC *
=====
ВАШ ВЫБОР: {1,2,3}??

=====
* 1 - 32-битный цвет *
* 2 - 24-битный цвет *
* 3 - 16-битный цвет *
* 4 - 15-битный цвет *
* 5 - 8-битный цвет *
* 6 - автоматически *
=====
ВАШ ВЫБОР: {1,2,3,4,5,6}??_

```

Рис. 1. Окно выбора виртуальной системы ЧПУ и ее разрядности

Для написания управляющих программ используется CNC редактор. В редакторе можно выполнять следующие операции:

- объявлять название новых программ и удалять программы;
- производить написание новых программ с последующим их редактированием;
- редактировать старые программы; производить их запись на внешние и с внешних носителей, в том числе и через сеть интернет;

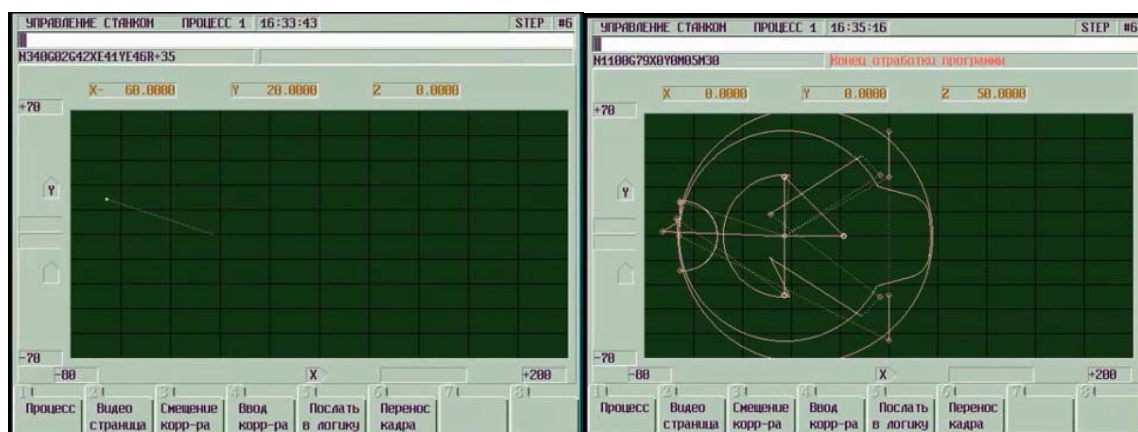
– создавать виртуальные диски (облако);
 – производить прогон программы в покадровом и автоматическом режимах, в 2D и 3D форматах и их отладку.

В качестве примера написания и тестирования УП в виртуальной системе ЧПУ в 2D и 3D формате приведена фрезерная обработка детали «Шестерня» со сложным профилем, состоящим из дуг и окружностей и прямых, сопряженных в замкнутый профиль.

Написание и тестирования УП в виртуальной системе ЧПУ в 2D и 3D формате позволяет выявить:

1. Несовместимость G и M функций и замкнутых контуров.
2. Неправильный синтаксис формата программы и кадра.
3. Неправильное движение по обрабатываемому контуру из-за грубых ошибок, что приводит к поломке инструмента и повреждению механизмов станка.
4. Неправильную структуру управляющей программы и неправильный формат кадра.

На рис. 2 представлен результат начала и конца прогона программы при обработке детали «Шестерня» в 2D формате.



а)

б)

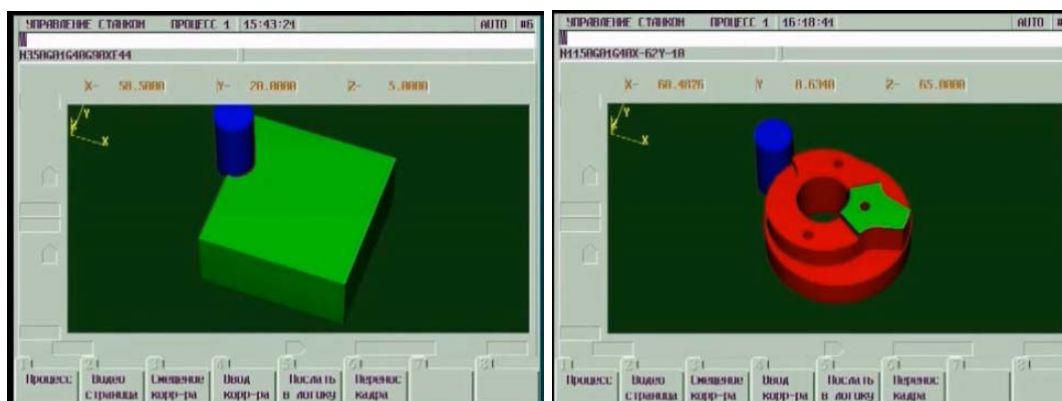
Рис. 2. Прогон УП при обработке детали «Шестерня» в 2D формате:

а – начало; б – конец

Прогон программы при обработке детали в 2D формате позволяет:

1. Проследить визуально траекторию движения программируемой точки по покадровому режиму по траектории обрабатываемого контура.
2. По отслеживаемым координатам откорректировать траекторию движения инструмента на холостых и рабочих ходах.
3. Отследить правильность ввода корректоров на диаметр и длину инструмента.
4. Избежать грубых ошибок при выборе направления движения инструмента по контуру.

На рис. 3 представлен результат начала и конца прогона программы при обработке детали «Шестерня» в 3D формате.



а)

б)

Рис. 3. Прогон УП при обработке детали «Шестерня» в 3D формате:
а – начало; б – конец

Прогон программы при обработке детали в 3D формате позволяет выявить:

1. Неконгруэнтность (несовместимость) G и M функций и замкнутых контуров.
2. Неправильное движение по обрабатываемому контуру из-за грубых ошибок, что приводит к поломке инструмента и повреждению механизмов дорогостоящего станка.
3. Неправильную структуру управляющих программ (УП) и неправильный формат кадра.
4. Определить «зарезы» и места необработанной поверхности из-за неправильной траектории движения инструмента.

Л и т е р а т у р а

1. Лисун, А. Е. Применение виртуальных систем ЧПУ для написания и тестирования управляющих программ для станков с ЧПУ / А. Е. Лисун, Н. А. Старовойтов // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XVII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 27–28 апр. 2017 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под ред. А. А. Бойко [и др.]. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2017.
2. Лисун, А. Е. Применение виртуальных систем ЧПУ для написания и тестирования управляющих программ для станков с ЧПУ / А. Е. Лисун, Н. А. Старовойтов // Металлообработка–2017 : материалы 13-й Междунар. специализир. выставки, Минск, 2017. – Минск, 2017.
3. Хорт, А. А. Применение виртуальных систем ЧПУ для написания и тестирования управляющих программ для станков с ЧПУ / А. А. Хорт, Н. А. Старовойтов // Машиностроение–2018 : материалы 14-й Междунар. специализир. выставки, Минск, 2018. – Минск, 2018.
4. ООО «Балт-Систем». – Режим доступа: <https://www.bsystem.ru/>.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОДВИГАТЕЛЬНЫХ ГИДРОСИСТЕМ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ MATLAB-SIMULINK

Д. И. Хропаков

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Ю. А. Андреевец

Цель работы: приобретение навыков моделирования динамических процессов автоматических систем и их элементов с использованием программного комплекса Mathlab-Simulink.

Развитие теории и практики автоматического управления в последние годы опирается на широкое применение программных продуктов, позволяющих специалистам решать сложные задачи, связанные с созданием новой техники. Среди таких средств следует отметить программную среду Matlab-Simulink, позволяющую осуществлять моделирование динамических процессов автоматических систем и их элементов, причем моделирование может быть осуществлено как для линейных, так и для нелинейных систем [1]–[3].

Программа Simulink является приложением к пакету Matlab. При моделировании с использованием Simulink реализуется принцип визуального программирования, в соответствии с которым пользователь на экране из библиотеки стандартных блоков создаст модель устройства и осуществляет расчеты. При работе с Simulink пользователь имеет возможность модернизировать библиотечные блоки, создавать свои собственные, а также составлять новые библиотеки блоков.

При моделировании пользователь может выбирать метод решения дифференциальных уравнений, а также способ изменения модельного времени (с фиксированным или переменным шагом). В ходе моделирования имеется возможность следить за процессами, происходящими в системе. Для этого используются специальные устройства наблюдения, входящие в состав библиотеки Simulink. Результаты моделирования могут быть представлены в виде графиков или таблиц [4].

В настоящей работе моделируется работа полнопоточной гидробъемной передачи с индивидуальным подводом мощности к каждой условной оси (рис. 1).

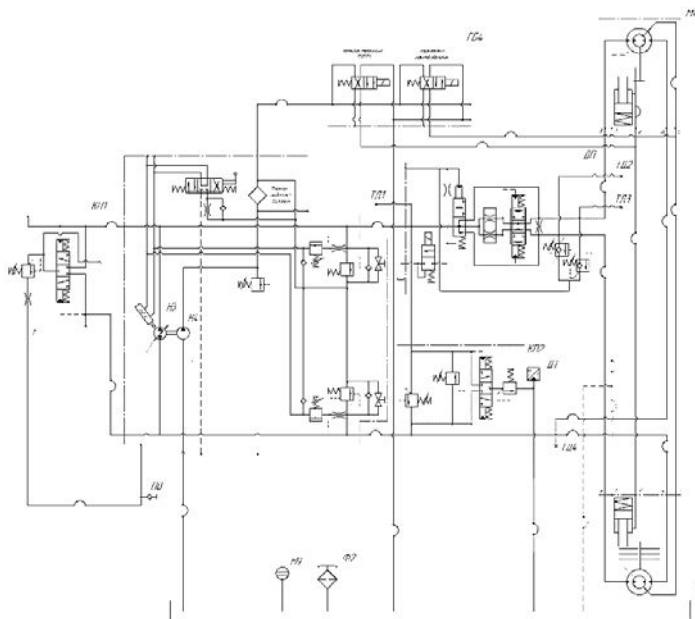


Рис. 1. Принципиальная гидравлическая схема гидравлической трансмиссии

Для реализации синхронного режима движения исполнительных двигателей, имеющих переменную по величине и знаку нагрузку, целесообразно использовать в структуре с гидромеханическим исполнительным контуром (ГИК) дроссельный делитель-сумматор потока. Дроссельный делитель-сумматор потока обеспечивает параллельное подключение двигателей, при котором создается максимально возможное давление, величина его строго регламентирована параметрами насосной установки [3], [4].

На рис. 2 представлена обобщенная структурная схема многодвигательной гидромеханической системы (МГМС) с наиболее сложным ГИК, являющимся контуром реверсного движения.

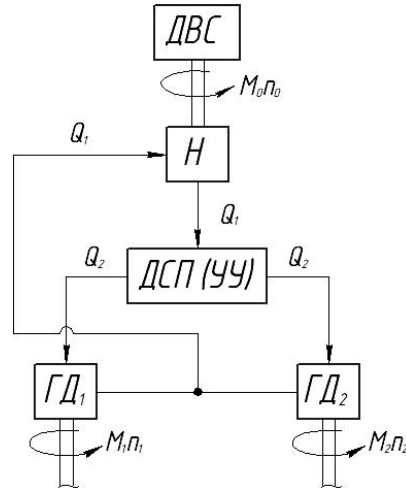


Рис. 2. Обобщенная структурная схема МГМС с ГИК

На рис. 3 представлен редактор Simulink. Для работы в данном редакторе необходимо подключить библиотеку Simulink library browser [1], [3].

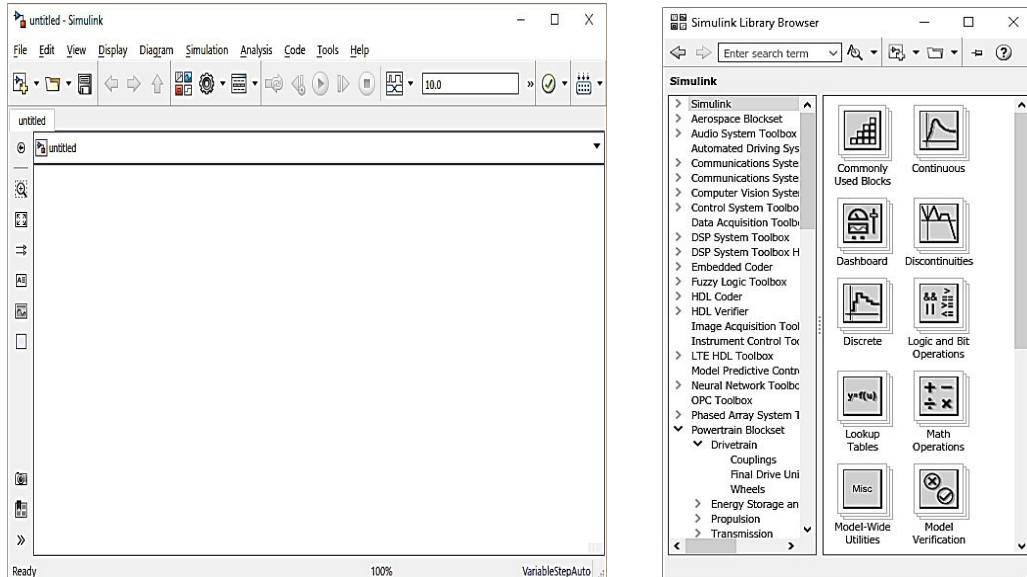


Рис. 3. Окно редактора Simulink и окно библиотеки

Далее нами была создана модель гидравлической трансмиссии по обобщенной структуре МГМС и принципиальной гидравлической схеме (рис. 4).

После создания модели и задания характеристик всем элементам необходимо запустить симуляцию системы, которая проверит систему на правильность построения, логику и сделает расчет изменения параметра во времени.

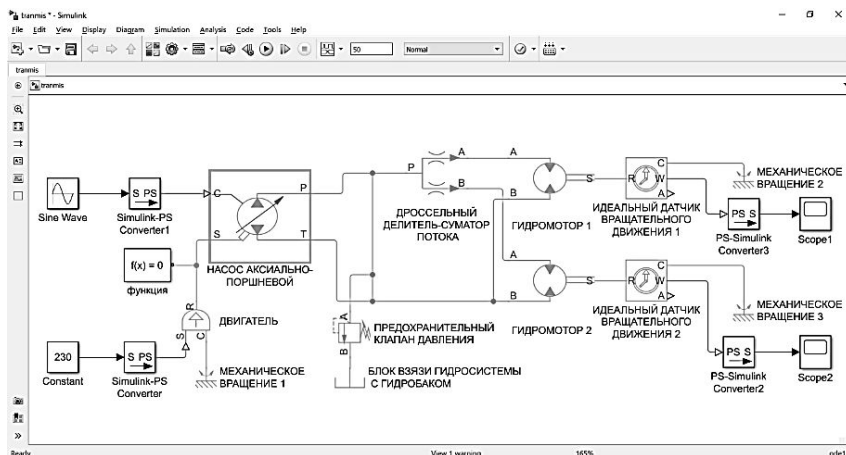


Рис. 4. Модель гидравлической трансмиссии

ГИК отличаются многообразием конструктивного исполнения, что обусловлено многообразием функций и технических требований, предъявляемых к ним. Наиболее типичными вариантами ГИК для современных технологических машин являются:

- контур гидростатических или гидромеханических силовых передач;
- контур автоматических следящих гидросистем;
- два или более совместно или раздельно функционирующих гидродвигателя, работающих со знакопеременной или постоянной по знаку нагрузкой в независимом или синхронноинфазном реверсном режиме и представляющих собой единый контур.

Таким образом, развитие теории и практики автоматического управления в последние годы опирается на широкое применение программных продуктов, позволяющих специалистам решать сложные задачи, связанные с созданием новой техники. Среди таких средств следует отметить программную среду Matlab-Simulink, позволяющую осуществлять моделирование динамических процессов автоматических систем и их элементов, причем моделирование может быть осуществлено как для линейных, так и для нелинейных систем.

Для проектировщиков гидрофицированных машин ознакомление с возможностями моделирования динамических свойств элементов гидро- и пневмопривода в среде Matlab-Simulink представляется полезным и сокращает время на проектирование, так как позволяет произвести моделирование схмотехнического решения и получить выходные параметры гидросистемы.

Литература

1. Дьяконов, В. П. Matlab 6.0/6.1/6.5+SP1+Simulink 4/5 / В. П. Дьяконов. – М. : Солон-пресс, 2005. – 592 с.
2. Моделирование процессов управления в технических системах : учеб. пособие / А. А. Иголкин [и др.]. – Самара : СГАУ, 2006. – 180 с.
3. Быстров, Н. Д. Моделирование динамических процессов в гидро- и пневмоприводах в ПП SIMULINK : электрон. метод. указания к лаборатор. работе / Н. Д. Быстров, А. Г. Гимадиев. – Самара : СГАУ, 2010. – 29 с.
4. Антоненко, В. И. К вопросу о синхронных механизмах мобильных машин / В. И. Антоненко, В. С. Сидоренко // Вестн. ДГТУ. – 2009. – Т. 9. – С. 121–129.

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОСТАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ

А. А. Чижик

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Ю. А. Андреевец

Количество выхлопных газов автомобилей в основном определяется массовым расходом топлива автомобилями. Расход по расстоянию нормируется и обычно указывается производителями (одна из потребительских характеристик). В отношении суммарного объема выхлопных газов приблизительно можно ориентироваться на такую цифру – один литр сжигаемого бензина приводит к образованию примерно 16 м^3 смеси различных газов [1], [2].

В современном мире введены экологические стандарты под объединенным названием «Евро», регулирующие содержание вредных веществ в выхлопных газах у автомобилей и спецтехники. С 2014 г. применяется стандарт Евро 6, который нормирует содержание вредных веществ выхлопных газов (табл. 1).

Таблица 1

Евростандарты для большегрузного транспорта (категории N2, EDC)

Класс	Дата	СО (гр./кВт)	NO _x (гр./кВт)	НС (гр./кВт)	PM (гр./кВт · ч)
Евро 0	1988–1992	12,3	15,8	2,6	–
Евро 1	1992–1995	4,9	9,0	1,23	0,40
Евро 2	1995–1999	4,0	7,0	1,1	0,15
Евро 3	1999–2005	2,1	5,0	0,66	0,1
Евро 4	2005–2008	1,5	3,5	0,46	0,02
Евро 5	2008–2014	1,5	2,0	0,46	0,02
Евро 6	2014–2017	1,5	0,4	0,46	0,01

В качестве приводного двигателя в комбайнах ОАО «Гомсельмаш», в том числе и КВК-800, используются следующие силовые установки (табл. 2) [3].

Таблица 2

Параметры применяемых силовых установок в комбайнах ОАО «Гомсельмаш»

Двигатель	Scania DC 13 074A	Mercedes OM 502 LA
Объем двигателя, л	12,7	11,9
Номинальная мощность двигателя, кВт	331	320
Номинальная частота вращения, об/мин	1800	1800
Экологический стандарт	Евро-5	Евро-4/5
Количество цилиндров	6	6
Расход топлива, г/кВт · ч	205	201

При современном уровне развития техники одним из способов снижения токсичности выхлопа является нейтрализация токсичных компонентов отработавших газов с использованием химических реакций окисления и (или) восстановления. Другим способом является установка вентилятора для охлаждения ДВС.

В настоящее время экологические нормы как «Евро-2» и «Евро-3» можно соблюдать, используя простейшие «обычные» приводы вентиляторов систем охлаждения: ременной привод (рис. 1, *а*), ремень + карданный вал + натяжитель ремня (рис. 1, *б*), гидростатический привод (рис. 1, *в*) [4].

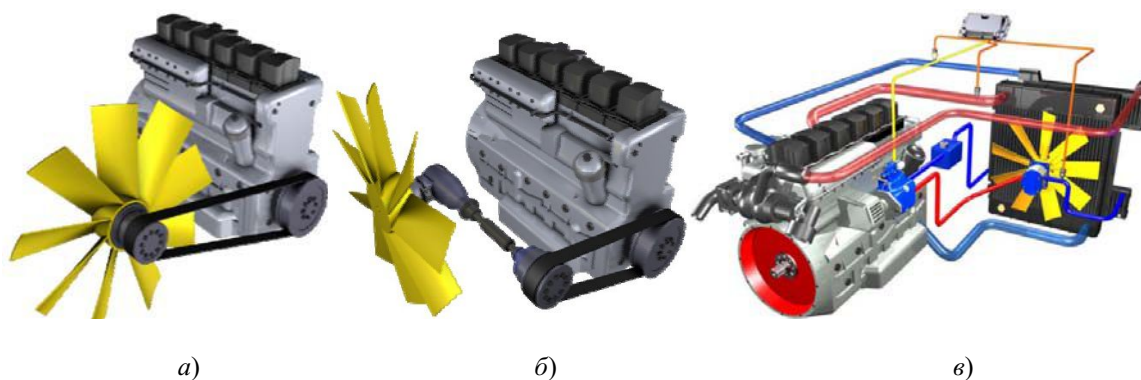


Рис. 1. Обычные приводы вентиляторов:
а – ременной привод; *б* – ремень + карданный вал + натяжитель ремня;
в – гидростатический привод

Ременные передачи применяют преимущественно в тех случаях, когда по условиям конструкции валы расположены на значительных расстояниях. Мощность современных передач не превышает 50 кВт.

В свою же очередь при обеспечении более высоких экологических норм не возможно обойтись без использования гидравлического оборудования: «Евро-3» совместно с гидромеханическим управлением (рис. 1, *в*), «Евро-4» и «Евро-5» – электрогидравлическим управлением.

Экспериментальным путем были получены диаграммы скорости вращения вентиляторов (рис. 2) с различным видом привода [4].

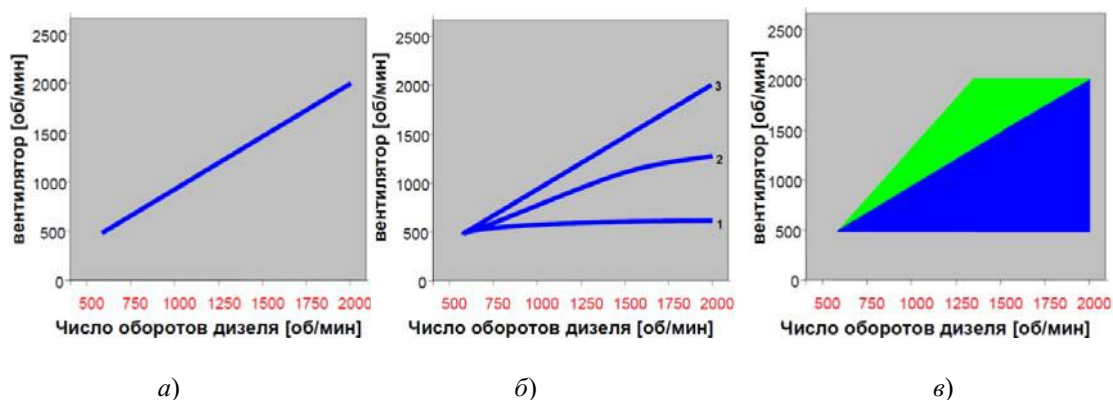


Рис. 2. Графики зависимости числа оборотов вентилятора от числа оборотов двигателя:
а – ременной привод; *б* – ремень + карданный вал + натяжитель ремня;
в – гидростатический привод

В гидравлических системах комбайнов ОАО «Гомсельмаш» «Гидромеханическое управление/фиксированный расход» (рис. 3, *а*) и данный способ применяем для привода вентилятора охлаждения двигателя комбайна КВК-800 (рис. 3, *б*).

В базовой комплектации комбайн КВК-800 имеет механический привод вентилятора (рис. 3, *а*) который модернизируется и заменяется на гидростатический привод (рис. 3, *б*).

В результате расчета [5], [6] модернизируемой гидросистемы комбайна КВК-800 получен КПД гидростатического привода вентилятора в размере 86,7 %, а КПД механического привода данного вентилятора составляет 82 %. Следовательно, увеличение КПД составляет 4,7 %, что и приводит к экономии топлива и снижению вредных выбросов в атмосферу при работе комбайна.

При проектировании современных мобильных машин необходимо решать следующие задачи: увеличение КПД, экономия топлива, уменьшение количества выхлопных газов, и как следствие, улучшение экологии. Данные задачи могут решаться, в том числе, применением охлаждения приводного двигателя мобильной машины.

Охлаждение двигателя традиционно осуществлялось при помощи механического привода вентилятора, однако он имеет следующие недостатки:

- непостоянство передаточного отношения из-за скольжения ремня на шкивах;
- значительные габаритные размеры при больших мощностях;
- большое давление на шкивы в результате натяжения ремня;
- низкая долговечность ремней (от 1000 до 5000 ч).

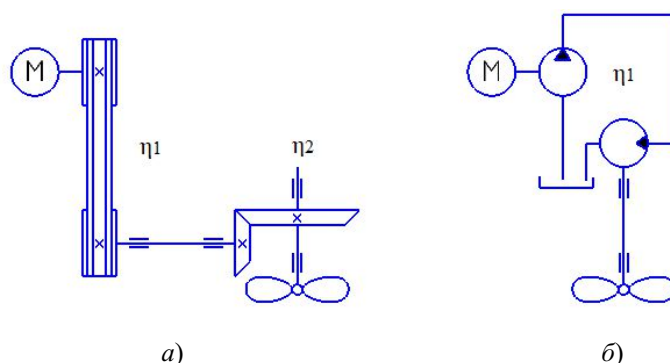


Рис. 3. Приводы вентилятора:
а – механический привод вентилятора; *б* – гидростатический
 привод вентилятора

Поэтому рекомендуют применять гидростатический привод вентилятора, который имеет следующие преимущества:

- мощность насоса системы охлаждения выбирается соответственно мощности системы охлаждения (ожидаемая экономия топлива около 5 %);
- произвольное место расположения радиатора;
- уменьшение габаритов масляного радиатора (ожидается до 70 %);
- дополнительная экономия топлива с функцией полной остановки привода;
- бесступенчатое регулирование скорости вращения (от min до max);
- обороты вентилятора не зависят от оборотов двигателя.

Экономическая эффективность гидростатического привода вентилятора вместо механического привода доказано в результате модернизации гидросистемы комбайна КВК-800, так как гидростатический привод имеет КПД 86,7 %, что на 4,7 % превышает КПД механического привода.

Литература

1. Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации. – Режим доступа: <https://belgiss.by/>.
2. Топливная компания Бисоил. – Режим доступа: <http://www.bisoil.ru/>.
3. Руководство по эксплуатации комбайна КВК-800.
4. Bosch Rexroth Group. – Режим доступа: <https://www.boschrexroth.com/ru/ru/>.
5. Гойдо, М. Е. Проектирование объемных гидроприводов / М. Е. Гойдо. – М. : Машиностроение, 2009. – 304 с.
6. Теория и проектирование гидропневмосистем : метод. указания к курсовому проекту для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» / авт-сост.: Ю. А. Андреевец, Ю. В. Сериков. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2007. – 42 с.

**РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПРИХВАТОВ
БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ СКВАЖИНЫ
ПРИ БУРЕНИИ ГЛУБОКОЗАЛЕГАЮЩИХ
ХЕМОГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ**

В. Н. Шиленкова

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Л. К. Бруй

Беларусь является одним из регионов, где в разрезе скважины присутствуют мощные отложения солей. Бурение скважин в этих отложениях является достаточно сложной задачей. Существующие в настоящее время меры борьбы с проявлениями осложнений при бурении таких пород не соответствуют принципам предупреждения, а направлены на ликвидацию аварий после их возникновения. Чтобы избежать дополнительных производственных затрат на ликвидацию осложнений, вызванных бурением соленосных отложений, необходимо найти эффективный способ их предупреждения. Главная роль в возникновении такого осложнения как прихват бурильной колонны в верхней части скважины принадлежит процессам кристаллизации, адгезии и когезии хлорида натрия.

Прихват – это технологическое нарушение, характеризующееся частичным или полным прекращением поступательного или вращательного движения колонны бурильных труб и инструмента в скважине.

Осложнения в виде прихватов верхней части колонны при бурении соленосных отложений глубоких скважин (более 2500 м) возникают по причине возникновения «кристаллизационной шубы», т. е. слоя кристаллообразований, уменьшающего объем межтрубного пространства скважины.

Образование кристаллов в буровом растворе в результате разницы температур на устье и забое скважины, их рост, когезия (процесс сцепления между собой) и адгезия на буровом инструменте приводят к образованию «кристаллизационной шубы» и уменьшению диаметра скважины. На металлических поверхностях более развиты теплообменные процессы, поэтому возможность осаждения на них кристаллов и агрегатов соли намного вероятнее (особенно во время остановки циркуляции бурового раствора, при спуско-подъемных операциях, т. е. в то время, когда резко снижается скорость восходящего потока и прекращается циркуляция бурового раствора).

Существующие в настоящее время меры борьбы с проявлениями осложнений при бурении мощных соленосных пород не соответствуют принципам предупреждения, а направлены на ликвидацию аварий после их возникновения.

Чтобы избежать дополнительных производственных затрат на ликвидацию осложнений, вызванных бурением соленосных отложений, необходимо найти эффективный способ их предупреждения. Известно, что одним из способов предотвращения прихватов является применение буровых растворов на не водной основе, обладающих свойством не растворять соль, например известково-битумных, нефтеэмульсионных и т. п. [1]. В этом направлении разработано много рецептов, однако их применение ограничивается трудностью приготовления, дефицитом и стоимостью углеводородной жидкости, экологической проблемой.

В практике бурения скважин с применением буровых растворов на водной основе чаще всего для ликвидации последствий кристаллизации соли производят прокачку пачки пресной технической воды или пресного раствора (для смыва «кристаллизационной шубы») [2]. Недостатком этого способа является ухудшение свойств бурового раствора и увеличение материальных затрат, вызванных дополнительными обработками химическими реагентами для поддержания необходимых значений технологических параметров бурового раствора. Кроме того, это мероприятие, несмотря на определенную эффективность, влечет за собой цепочку других, не менее опасных осложнений (кавернообразование, обвалы и осыпи породы).

Причины возникающих осложнений чаще всего взаимосвязаны между собой. Например, если буровой раствор не насыщен солью, то в стволе скважины образуются значительные каверны из-за растворения соленосных отложений, причем величина кавернозности будет зависеть от концентрации соли в растворе, скорости течения и времени воздействия на пласт. В свою очередь прихваты и затяжки в глубокозалегающих интервалах возникают в результате деформации («течения») солей. Однако попытки избежать их появления за счет увеличения плотности раствора не всегда приносят желаемых результатов.

Одним из способов снижения растворимости соли является пересыщение раствора солью и, в случае необходимости, применение структурированного бурового раствора с содержанием кристаллической соли с большой поверхностью. Для того чтобы это осуществить, надо чтобы размеры кристаллов соли были меньше размера частиц породы, выносимой очистными механизмами. Именно такие частицы будут способны, во-первых, удерживаться в структуре раствора, и, во-вторых, прекрасно растворяться при увеличении температуры. Поэтому для осуществления поставленной задачи необходимо было найти способ, позволяющий снизить рост и когезию кристаллов на металлических поверхностях.

В связи с этим был разработан метод определения способности того или иного химического реагента тормозить рост кристаллов, т. е. тот, в присутствии которого будут образовываться кристаллы меньшего размера, и будет считаться ингибитором процесса кристаллизации.

Суть метода заключается в получении кристаллов после охлаждения насыщенных горячих растворов соли, разделении их на фракции и определении процентного содержания кристаллов разной величины. Образование, когезия кристаллов и адгезия их на металлических стержнях оцениваются в процентном отношении к общему количеству выпавших из раствора кристаллов.

Чем выше процент кристаллов, оставшихся на фильтре ($< 0,2$ мм) после фильтрации, и чем меньше их образовалось на металлической поверхности, тем эффективнее реагент как ингибитор роста и когезии кристаллов хлорида натрия.

Разработаны способы определения мелкокристаллической соли в соленасыщенном буровом растворе для подбора ингибиторов кристаллизации.

Первый способ заключается в разбавлении бурового раствора дистиллированной водой и определении растворенной в нем кристаллической соли. Сначала определяется среднее значение $P_{в1}$ (вес воды в 100 г бурового раствора) трех навесок соленасыщенного бурового раствора путем их высушивания при температуре 105 °С до постоянного веса. Затем отфильтровывается исходный буровой раствор и с помощью пикнометра определяется плотность фильтрата (γ_1). Разбавляется 100 г исходного бурового раствора 100 г дистиллированной воды и все перемешивается на смесителе в течение 20–30 мин. После фильтрования разбавленного бурового раствора определяется плотность его фильтрата (γ_2). Из справочной таблицы по плотностям фильтратов (γ_1 и γ_2) определяется содержание хлористого натрия в 100 г фильтрата бурового раствора (P_{c1}) и в 100 г фильтрата разбавленного бурового раствора (P_{c2}).

Содержание кристаллической соли в соленасыщенном буровом растворе рассчитывается по формуле

$$X = \frac{(P_{в1} + 100)P_{c1}}{100 - P_{c2}} - \frac{P_{в1}P_{c1}}{100 - P_{c1}}, \quad (1)$$

где X – количество мелкокристаллической соли в буровом растворе, вес. %; $P_{в1}$ – вес воды в 100 г бурового раствора (среднее значение по трем навескам), г; P_{c1} – вес соли, содержащейся в 100 г фильтрата исходного бурового раствора, г; P_{c2} – вес соли, содержащейся в 100 г фильтрата разбавленного бурового раствора, г.

Второй способ заключается в определении содержания мелкокристаллической соли в соленасыщенном буровом растворе путем отмывания всей содержащейся в нем соли от твердой фазы. Содержание кристаллической соли также рассчитывается по определенной формуле. Этот способ можно использовать для проверки результатов, полученных по первому способу.

Целесообразность применения ингибиторов кристаллообразования нашла подтверждение в работах группы сервисных компаний «Миррико». Ее специалисты по своим методикам провели оценку эффективности ингибиторов солеотложений серии Descum в насыщенном растворе хлорида натрия.

В качестве ингибиторов кристаллообразования целесообразно применять анионоактивные поверхностно-активные вещества или производные жирных карбоновых кислот, добавляя их в буровой раствор в количестве 1,0–1,5 об. %.

Таким образом, в результате проведенной исследовательской работы были сделаны следующие выводы:

- при бурении глубоководных пород соленосных пород кристаллы соли в твердой фазе бурового раствора не должны превышать размера 0,05 мм;

- предложен способ предотвращения прихватов верхней части колонны буровых труб при бурении глубоководных пород, заключающийся в подавлении процесса кристаллизации хлорида натрия на поверхностях буровых и обсадных труб путем обработки соленасыщенного бурового раствора ингибитором кристаллизации хлорида натрия, способствующим образованию кристаллов размером не более 0,05 мм;

- разработана методика оценки химического реагента в качестве ингибитора роста и когезии кристаллов хлорида натрия;

- выведены формулы для расчета количества мелкокристаллической соли в соленасыщенном буровом растворе.

Литература

1. Ангелопуло, О. К. Буровые растворы, используемые при разбуривании солевых отложений в глубоких скважинах / О. К. Ангелопуло, Б. Н. Хахаев, Н. Н. Сидоров. – М. : ВНИИОЭНГ, 1978.
2. Сенкевич, Э. С. Кристаллизация солей как фактор проявления осложнений при бурении глубоких скважин в соленосных отложениях / Э. С. Сенкевич, Л. К. Бруй, Е. В. Шутова // Поиски и освоение нефтяных ресурсов Республики Беларусь : сб. науч. тр. – Вып. 3. – Гомель : БелНИПИнефть, 1999. – С. 307–309.

**ДОБЫЧА УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ НЕТРАДИЦИОННЫХ ЗАЛЕЖЕЙ
В ПРЕДЕЛАХ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА****И. И. Шкопа***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель И. С. Шепелева

По мере разработки и истощения крупных месторождений традиционной нефти, стали все большее внимание обращать на нетрадиционные залежи нефти. Они были известны с давних пор, но в то время не было технологий их получения. Отсюда следует определение нетрадиционных залежей нефти – это такие залежи, содержащие нефть, требующую специальной технологии разработки, эксплуатации или переработки. На данный момент можно встретить следующие виды:

- 1) керогеновая нефть;
- 2) нефть низкопроницаемых коллекторов;
- 3) сланцевые углеводороды;
- 4) метан угольных месторождений;
- 5) битуминозные пески;
- 6) высоковязкая нефть;
- 7) газогидраты.

Керогеновую нефть получают методом сухой перегонки в специальных печах на поверхности или нагреванием без доступа кислорода в условиях залежи.

Нефть низкопроницаемых коллекторов, сланцевую нефть и метан угольных месторождений добывают путем бурения горизонтальной скважины и проведения в ней многостадийного гидроразрыва.

Высоковязкая нефть и нефть битуминозных песков требует применения термических методов добычи.

Газогидраты представляют собой лед, между кристаллами которого находится газ. Добыча производится путем увеличения температуры призабойной зоны и создания большой депрессии.

Из перечисленных нетрадиционных залежей углеводородов в Беларуси перспективными в разработке рассматривались:

- 1) сланцевые углеводороды;
- 2) метан угольных месторождений;
- 3) нефть низкопроницаемых коллекторов.

В ходе изучения характеристики Припятского сланценосного бассейна рассмотрены распространение пластов-коллекторов и покрышек в надсолевых отложениях, состав исходного органического вещества горючих сланцев, особенности его накопления и краткая химико-битуминологическая характеристика, а также предпосылки возможной газоносности [1].

В целом по проведенным исследованиям можно сделать заключение о низком содержании газовой составляющей в органике, содержащейся в породах перспективных сланценосных отложений.

На основании выполненных работ и проведенного анализа по Туровскому и Любанскому месторождениям горючих сланцев, можно сделать вывод о том, что невысокое содержание органического вещества в белорусских горючих сланцах и низкая степень его преобразования предопределили их низкий газогенерирующий потенциал. К тому же нахождение сланценосных пород в зоне активного водообмена и отсутствие надежных покрышек резко снижают перспективы аккумуляции сланцевого газа [1].

Что касается потенциала угольного метана Беларуси: при любом варианте подсчета ресурсы метанового газа в бурых углях Припятского прогиба невелики, и их разработку следует считать экономически не оправданной. По заключению В. Н. Бескопыльного ввиду низкой степени катагенеза углей они характеризуются малым содержанием метана, и проблема добычи углеводородного газа из белорусских бурых углей не является актуальной.

Основанием для вовлечения в разработку низкопроницаемых коллекторов в пределах I–III пачек межсолевого комплекса Речицкого нефтяного месторождения явились результаты работ в рамках темы «Комплексирование поисковых и аналитических методов для прогнозирования месторождений газа типа сланцевого и «сжатого» и выявления перспективных объектов в Беларуси». В процессе работы были изучены недоразведанные участки в пределах уже разрабатываемых месторождений и сопредельных территорий с позиций возможности получения промышленных притоков УВ из низкоемких коллекторов с учетом возможностей применения современных технологий вскрытия и освоения продуктивных пластов. В этом плане наиболее перспективной, как с точки зрения изученности бурением, так и объемов возможных извлекаемых запасов, является петриковско-елецкая залежь Речицкого месторождения. Эта залежь была предложена как своеобразный полигон для опробирования и внедрения новых технологий вскрытия и освоения сложно построенных резервуаров методом многоэтапного и многообъемного ГРП, методические основы которых для условий Беларуси изучены были только на теоретическом уровне.

В пределах Припятского прогиба выделено одиннадцать приоритетных участков [2], пять из них (Калиновский, Октябрьский, Комаровичский, Савичский, Ельский) переданы одной из зарубежных компаний для разведки и добычи нетрадиционных углеводородов. Приоритетными участками на территории деятельности «Белоруснефть» для организации совместных работ по поискам, разведке и добыче нетрадиционных углеводородов являются нижеследующие 5 участков:

- 1) участок № 6 – Василевичский;
- 2) участок № 7 – Притокский;
- 3) участок № 8 – Москвичевский;
- 4) участок № 10 – Шатилковский;
- 5) участок № 11 – елецко-петриковская залежь нефти Речицкого месторождения.

Порядок ввода данных объектов следующий:

Объект № 1. Елецко-петриковская залежь Речицкого месторождения: I этап – бурение горизонтальной и субгоризонтальной скважин на участках с наибольшим объемом коллекторов выделенных по ГИС; II этап – при получении положительных результатов – программа по бурению скважин и вторых стволов с целью освоения и перевода запасов елецко-петриковской залежи в промышленные категории.

Объект № 2. Василевичский участок: бурение вертикальной поисковой скважины с целью поиска и разработки нетрадиционных залежей УВ в пределах Ново-Бабичского подсолевого комплекса.

Объект № 3. Людвиновский участок: I этап – использование пробуренных скважин с интенсификацией притока СКР/ГРП; II этап – при получении положительных результатов обоснование бурения субгоризонтальной скважины глубиной 3800 м и освоением после многостадийного ГРП.

Объект № 4. Шатилковский участок: I этап – завершение широкоазимутальной съемки 3D на Оланско-Искровской площади; II этап – обоснование и бурение поисковой скважины № 1 – Выдрицкая.

Основные задачи, которые необходимо было решить в процессе выполнения работы, сводились к следующему:

1. Создание базы геолого-геофизических данных по объекту.
2. Детализация геологического строения.
3. Переинтерпретация материалов ГИС с выделением «полуколлекторов» по ранее пробуренным скважинам в пределах объекта.
4. Обоснование подсчетных параметров для нетрадиционных коллекторов.
5. Создание петрофизической модели в программном продукте Petrel.
6. Подсчет прогнозных ресурсов УВ в «полуколлекторах» в пределах объекта.
7. Выбор и обоснование перспективных участков в пределах объекта.
8. Обоснование и проектирование горизонтальных эксплуатационно-оценочных скважин в пределах перспективных участков.

С точки зрения получения промышленных притоков УВ наиболее перспективной является I пачка [2]. С целью определения продуктивности низкопроницаемых коллекторов и ПК I пачки Речицкого месторождения в пределах первого перспективного участка было рекомендовано бурение горизонтальной скважины № 310g-Речицкая.

Фактическая глубина скважины составляет 2750 м, фактический горизонт – петриковский (I пачка). Фактическое горизонтальное смещение ствола скважины на глубине 2750 м составляет 940,55 м. Скважина вскрыла отложения петриковского горизонта на глубине 2261 м и прошла 469 м по целевой части I.

После завершения бурения в скважину была спущена специальная компоновка для проведения многостадийного ГРП, состоящая из 5 портов и 5 пакеров, образующая следующие подинтервалы: 2287–2340, 2342–2415, 2417–2500, 2502–2580, 2585–2750 м. ГРП в каждом интервале (порту), согласно технологии, проводилось отдельно, с предварительным гидротестом. ГРП прошли без существенных отклонений и недостатков.

В процессе освоения, проводившегося до 17.09.2014 г., скважина отдала: нефти в чистом виде – 445,4 м³, воды различной природы – 107,9 м³; смесей нефти, воды, геля и нефтеэмульсии – 260,6 м³. После сдачи скважины в эксплуатацию, по состоянию на 23.09.2014 г., было дополнительно получено 89 м³ нефти плотностью 890–910 кг/м³ и 62,3 м³ воды.

Таким образом, в результате освоения скважины № 310g-Речицкая в интервале 2287–2750 м (I пачка петриковского горизонта) был получен приток нефти с водой (содержанием до 10 %) общим начальным дебитом 30,9 м³ по данным первых дней эксплуатации с помощью ШГН. Сравнивая представленные выше объемы, по нашим предположениям на 23.09.2014 г. в пласте осталось не менее 279,3 м³ закачанной жидкости.

По результатам бурения и освоения скважины № 310g-Речицкая можно сделать следующие выводы:

1. Местоположение скважины, согласно результатам моделирования, выбрано правильно.
2. Проводка скважины осуществлена согласно проекту, без отклонений.
3. Подтверждено наличие нефтенасыщенных коллекторов с повышенной пористостью в горизонтальной части ствола.
4. Впервые в Беларуси проведен пятипортовый МГРП и без существенных отклонений от проекта.
5. В результате освоения получен промышленный приток нефти, скважина передана в пробную эксплуатацию.
6. По результатам бурения скважины проведена предварительная оценка запасов нефти I пачки петриковского горизонта объемным методом.

По результатам бурения скважины № 310g-Речицкая была адаптирована петрофизическая модель петриковской залежи Речицкого месторождения и уточнено местоположение проектной скважины № 292g-Речицкая. Бурение оценочной скважины № 292g позволит усовершенствовать технологию вскрытия и освоения сложно построенных резервуаров методом многостадийного ГРП с последующим переводом запасов елецко-петриковского резервуара (I–III пачка) Речицкого месторождения в промышленные категории.

Литература

1. Бескопильный, В. Н. Углеводородный потенциал полуколлекторов осадочно-породных бассейнов Беларуси / В. Н. Бескопильный, Р. Е. Айзберг // Докл. НАН Беларуси. – 2012. – Т. 56, № 2. – С. 98–102.
2. Бескопильный, В. Н. Нефтегазоперспективные полуколлекторы Припятского прогиба / В. Н. Бескопильный, Р. Е. Айзберг // Докл. НАН Беларуси. – 2013. – Т. 57, № 6. – С. 90–95.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ ПРОВЕРОЧНОГО РАСЧЕТА ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА

Д. А. Шурпач

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Ю. А. Андреевец

Цель исследования: выбор рациональных параметров теплового режима гидросистемы, обеспечивающих снижение эксплуатационных затрат на работу технологического оборудования.

В соответствии с поставленной целью были сформулированы следующие задачи: произвести исследования изменения потерь энергии в гидросистеме пресса для сборки и разборки листовых рессор локомотивов в зависимости от температуры окружающей среды и рабочей жидкости; разработать методику определения диапазона рациональных температур рабочей жидкости гидросистемы по критерию минимизации потерь энергии в гидросистеме в зависимости от условий; обосновать возможность применения гидросистемы без установки теплообменного аппарата в зависимости от климатических условий эксплуатации.

Механическая энергия, теряемая в процессе функционирования гидропривода (вследствие совершения работы против сил трения), преобразуется в тепловую энергию, которая в общем случае частично идет на нагрев компонентов гидропривода и частично рассеивается в окружающую среду [1].

Дифференциальное уравнение баланса энергии, устанавливающее связь между текущим значением средней температуры компонентов гидропривода и временем, может быть представлено следующим образом [1]–[3]:

$$N_{\text{пот}} \cdot dt = \sum_{i=1}^{n_m} m_i \cdot c_i \cdot d\Theta + k \cdot S \cdot (\Theta - \Theta_{\text{о.с}}) dt,$$

где $N_{\text{пот}}$ – текущее значение потерь механической мощности в гидроприводе; t – время; $m_i \cdot c_i$ – соответственно масса и удельная теплоемкость i -го материала (рабочей жидкости, стали, бронзы и т. д.), имеющегося в составе гидропривода ($i = 1, 2, \dots, n_m$); n_m – количество материалов, имеющих в составе гидропривода; Θ – текущее значение средней температуры компонентов гидропривода; k – средний коэффициент теплопередачи гидропривода, $k = 1/S \sum_{j=1}^{n_{\text{ст}}} k_j \cdot S_j$; S – суммарная площадь теплоотдающих поверхностей элементов гидропривода, $S = \sum_{j=1}^{n_{\text{ст}}} S_j$; k_j, A_j – соответственно коэффициент теплопередачи от рабочей жидкости через j -ю стенку в окружающую среду и площадь теплоотдающей поверхности j -й стенки элементов гидропривода ($j = 1, 2, \dots, n_{\text{ст}}$); $n_{\text{ст}}$ – количество стенок элементов гидропривода, через которые происходит рассеивание тепловой энергии в окружающую среду; $\Theta_{\text{о.с}}$ – температура окружающей среды.

Если выполняется условие $N_{\text{тепл}} \geq N_{\text{пот}}$, то в процессе работы гидропривода средняя температура Θ его компонентов не будет превышать допустимого значения $\Theta_{\text{доп}}$ и, таким образом, тепловой режим работы гидропривода можно считать удовлетворительным. Если же $N_{\text{тепл}} < N_{\text{пот}}$, то в процессе эксплуатации гидропривода средняя температура Θ его компонентов может подниматься сверх допустимого значения $\Theta_{\text{доп}}$.

Проектируемый гидропривод пресса состоит из пяти гидроцилиндров, которые работают в последовательном режиме. Каждый рабочий цикл гидроцилиндра состоит из четырех этапов: 1) рабочего хода; 2) переключения золотника направляющего гидрораспределителя из положения «а» в положение «б»; 3) обратного хода; 4) переключения золотника направляющего гидрораспределителя из положения «б» в положение «а».

В соответствии с заданием на проектирование был произведен предварительный расчет объемного гидропривода и получены исходные данные для расчета теплового режима. При этом принята одинаковая продолжительность переключений золотника гидрораспределителя из положения «а» в положение «б» и обратно $t_{\text{пер}} = 0,04$ с [1], [3].

Компоновка гидропривода такова, что тепловая энергия, выделяющаяся при работе приводящего электродвигателя насоса, практически не приводит к нагреву других компонентов гидропривода, а основным источником рассеяния в окружающую среду тепловой энергии, образующейся при функционировании гидропривода в гидравлических устройствах, входящих в его состав, является гидробак. Гидропривод эксплуатируется в помещении, стены которого покрыты известковой штукатуркой, в условиях затрудненной циркуляции воздуха [1]–[3]. Предельно допустимое значе-

ние $\Theta_{\text{доп}}$ средней температуры Θ компонентов гидропривода при температуре окружающей среды $\Theta_{\text{о.с}} = 20^\circ\text{C}$ составляет $\Theta_{\text{доп}} = 60^\circ\text{C}$.

На каждом i -м этапе работы рассматриваемого гидропривода потери механической мощности в нем могут быть определены как разность между текущими значениями мощности на валу насоса и мощности на выходном звене (в данном случае штоке) гидроцилиндра (утечками и перетечками рабочей жидкости в гидроцилиндре пренебрегаем):

$$N_{\text{пот.}i} = p_{\text{н.}i} \cdot Q_{\text{н.}i} / \eta_{\text{н.}i} - (p_{\text{н.}i} - p_{\text{пот.}i}) Q_{\text{ц.}i}, \quad (1)$$

где $p_{\text{н.}i}$, $Q_{\text{н.}i}$, $\eta_{\text{н.}i}$ – соответственно давление, подача и полный КПД насоса в течение i -го этапа работы гидропривода; $p_{\text{пот.}i}$ – приведенные к насосу потери давления в гидроприводе (с учетом потерь давления, обусловленных трением в подвижных парах гидроцилиндра) на i -м этапе работы гидропривода; $Q_{\text{ц.}i}$ – расход рабочей жидкости, поступающей в напорную полость гидроцилиндра в течение i -го этапа работы гидропривода.

Продолжительность одного цикла работы рассматриваемого гидропривода это сумма времени рабочего и обратного хода и времени переключения распределителя, следовательно, выражение (1) для каждого гидроцилиндра определяется по формуле

$$N_{\text{пот.ср.}i} = \frac{\left[\frac{P_{\text{пот.н.}i} \cdot Q_{\text{н}}}{\eta_{\text{н}}} - (P_{\text{пот.н.}i} - P_{\text{пр.р.х.}i}) Q_{\text{ц.}i} \right] t_{\text{р.х.}i}}{t_{\text{цикл.общ}}} + \frac{\left[\frac{P_{\text{о.х.}i} \cdot Q_{\text{н}}}{\eta_{\text{н}}} - (P_{\text{о.х.}i} - P_{\text{пр.о.х.}i}) Q_{\text{ц.}i} \right] t_{\text{о.х.}i} + \left[\frac{2 \cdot p_{\text{кл}} \cdot Q_{\text{н}} \cdot t_{\text{пер}}}{\eta_{\text{н}}} \right]}{t_{\text{цикл.общ}}}, \text{ Вт.}$$

Мощность, рассеиваемая в окружающую среду в результате явлений теплопроводности, конвекции и теплового излучения [1], [4], [5], как сумма мощностей, рассеиваемых через крышку гидробака и части боковых и торцовых стенок гидробака, непосредственно не соприкасающиеся с рабочей жидкостью (находящиеся выше свободной поверхности жидкости в гидробаке); через дно гидробака и части его двух длинных боковых стенок, непосредственно контактирующих одной своей поверхностью с рабочей жидкостью; через части двух торцовых стенок гидробака, непосредственно контактирующих одной своей поверхностью с рабочей жидкостью; через поверхности трубопроводов, непосредственно контактирующих одной своей поверхностью с рабочей жидкостью:

$$N_{\text{о.с}} = (\Theta_{\text{доп}} - \Theta_{\text{о.с}}) (k_{\text{кр}} \cdot S_{\text{кр}} + k_{\text{дн}} \cdot S_{\text{дн}} + k_{\text{т}} \cdot S_{\text{т}} + S_{\text{ТП}} \cdot k_{\text{б}}).$$

Для нормальных условий работы (номинальное давление в системе, температура окружающей среды 20°C) полная мощность, рассеиваемая в окружающую среду в результате теплообмена, составляет $N_{\text{о.с}} = N_{\text{тепл}} = 2662,258$ Вт и больше осредненных за цикл работы гидропривода потерь механической мощности $N_{\text{общ.пот.ср}} = 2440,44$ Вт, то нагрев рабочей жидкости не будет происходить больше допустимого значения.

Определим зависимость мощности, рассеиваемой в окружающую среду, от температуры среды от +5 до +30 °С (рис. 1).

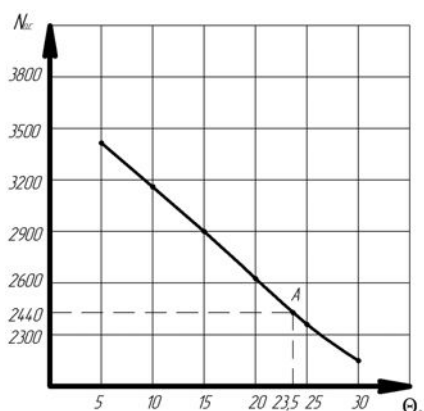


Рис. 1. График зависимости мощности отдаваемой в окружающую среду, от температуры окружающей среды

Таким образом, по результатам исследования и проектирования конструкции гидропривода пресса для сборки и разборки листовых рессор локомотивов можно сделать следующие выводы:

– значение потерь энергии при работе гидропривода определяется по результатам предварительного расчета гидросистемы; значение мощности, рассеиваемой в окружающую среду, возможно определить по имеющимся методикам теплового расчета гидросистем;

– возможно произвести сравнительный анализ тепловых потоков в гидросистеме и определение необходимости применения дополнительного оборудования в виде аппарата теплообменного;

– для проектируемой гидросистемы теплообменный аппарат необходимо применять при температурах окружающей среды 23,5 °С, т. е. для летнего времени работы рекомендуется эксплуатация гидропривода пресса в помещениях, оборудованных кондиционером или с возможностью подключения к централизованной системе охлаждения предприятия.

Л и т е р а т у р а

1. Проектирование гидравлических систем машин : учеб. пособие / Г. М. Иванов [и др.]. – М. : Машиностроение, 1992. – 224 с.
2. Гойдо, М. Е. Проектирование объемных гидроприводов / М. Е. Гойдо. – М. : Машиностроение, 2009. – 304 с.
3. Наземцев, А. С. Гидравлические и пневматические приводы и системы. Часть 2. Гидравлические приводы и системы : учеб. пособие / А. С. Наземцев. – М. : Форум, 2007. – 304 с.
4. Ковалевский, В. Ф. Теплообменные устройства и тепловые расчеты гидроприводов горных машин / В. Ф. Ковалевский. – М. : Недра, 1972. – 224 с.
5. Михеев, М. А. Основы теплопередачи / М. А. Михеев, И. М. Михеева. – 2-е изд., стер. – М. : Энергия, 1977. – 343 с.

СТРУКТУРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ЗАЖИМНЫХ ПАТРОНОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

И. Р. Ящук

*Механико-машиностроительный институт Национального
технического университета Украины «Киевский политехнический
институт имени Игоря Сикорского»*

Научный руководитель А. В. Литвин

Постановка проблемы. Большинство современных зажимных патронов (ЗП) сохраняет традиционные конструкции, которые не всегда соответствуют требованиям к процессу закрепления и обработки детали в современных станках. Это сдерживает развитие структуры станка в целом.

Поэтому разработка новых высокоэффективных ЗП является актуальной. Отсутствие прогрессивного технологического оснащения делает станки не конкурентоспособными на мировом рынке, ограничивая их возможности по точности, производительности, быстрой переналадки в условиях мелкосерийного и серийного производства.

Анализ предыдущих исследований и публикаций. Из литературы [1], [3] известно, что процесс проектирования таких сложных технических систем, как ЗП, требует системного подхода. В процессе проектирования необходимо выполнить индивидуальное описание на основе анализа всех существенных особенностей в виде совокупности взаимосвязанных характерных элементов или признаков. Дерево является типичной формой описания сложного технического решения, такого как ЗП, отражающей многоуровневую иерархическую взаимосвязь структурных признаков от элементов первого уровня с последующим уточнением конструктивных и конструктивно-функциональных характеристик путем присоединения новых элементов на следующих уровнях [3]. Важным этапом теоретического обоснования и конструирования ЗП, структурно-морфологический подход к изучению всего многообразия ЗП и выявления характерных законов организации, функционирования, построения и их развития, как сложных систем. Согласно [1], для описания структуры ЗП необходимо использовать понятие силовой (энергетический) поток, учитывая что:

- для обеспечения силы зажима энергетический поток в ЗП может осуществляться с помощью механических цепей, электромагнитных, магнитных и других полей;
- силовых (энергетических) потоков может быть несколько по входам и выходам;
- входные и выходные силовые потоки могут быть одинаковыми или разными и состоять из ограниченного числа их и ограниченного набора вариантов;
- силовые потоки могут быть с внешним источником энергии и с внутренним;
- соединение отдельных силовых потоков может быть последовательным, параллельным, параллельно-последовательным;
- между входом и выходом силового потока ЗП есть разные преобразователи (например, к механическим преобразователям относятся рычажные, клиновые, плунжерные, спиральные, зубчатые, винтовые, пружинные);
- возможна комбинация преобразователей силовых потоков.

Постановка задач. В работе поставлена цель – разработка предпосылок к описанию и созданию возможных вариантов принципиальных структур зажимных патронов токарных станков на основе теории развития технических систем и структурно-морфологического подхода. Объектом синтеза избран плунжерный патрон, который хорошо зарекомендовал себя на токарных станках ОАО «Веркон» (рис. 1).

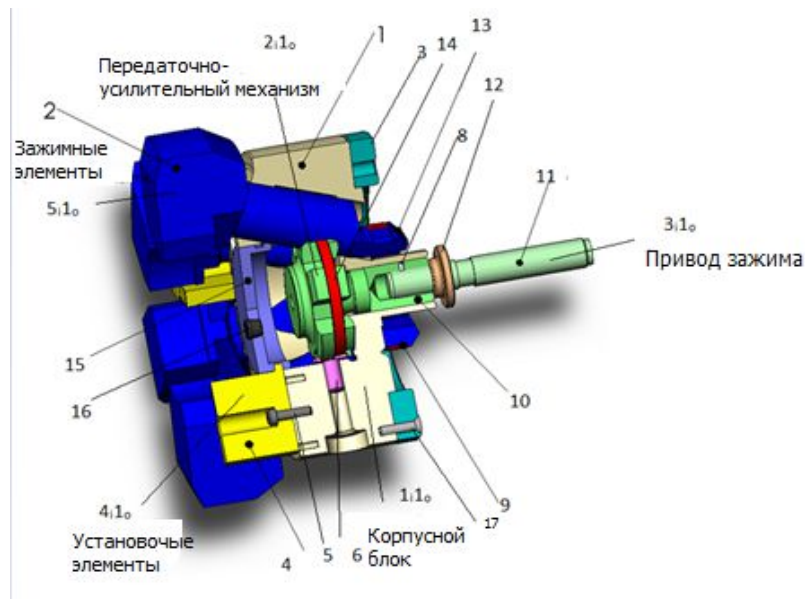


Рис. 1. Конструктивная и структурная схемы плунжерного зажимного патрона

Изложение основного материала. Множество решений ЗП одного класса может быть представлено в виде группы функционально взаимосвязанных деревьев [3]. Определенное сочетание их ветвей приводит к получению заданных характеристик.

Построению деревьев конструктивных и аппаратурных признаков ЗП предшествует разработка структуры функциональных признаков дерева ЗП (функционального дерева). Анализируя эту структуру, строят деревья основного и вспомогательного ЗП путем последовательного присоединения как общеизвестных, так и новых признаков, отвечающих высоким технико-экономическим показателям и современному состоянию развития техники.

В соответствии со служебным назначением конструкция ЗП должна обеспечивать преобразование движения механизма привода в движение зажимного элемента, закрепления и базирования заготовки при токарной обработке на станке, определяет точность и шероховатость обработанной поверхности.

Основными направлениями совершенствования ЗП для штучных заготовок являются:

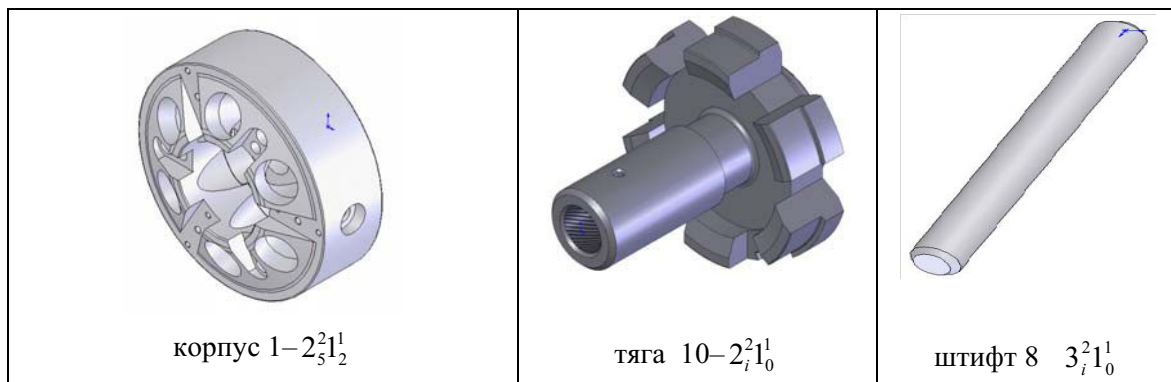
- увеличение хода зажимного элемента;
- повышение жесткости, виброустойчивости и т. п.;
- упрощение конструкции;
- уменьшение погрешностей базирования и закрепления, обусловленных погрешностями передаточно-усилительного механизма;
- упрощение наладки на требуемый размер, как в осевом, так и в радиальном направлениях;
- возможность перехода на обработку деталей различной номенклатуры и типоразмеров;
- возможность зажима одновременно нескольких деталей;
- унификация конструкций ЗП.

Для синтеза новых конструкций плунжерных ЗП построена структурная схема (рис. 1), которая может быть представлена кодом типа $K = J_i^j N_k^s$ [2], [4].

Согласно методу синтеза структура обозначается кодом с парой символов: первый элемент такой конструкции означает структурный элемент, а второй – иерархическую подчиненность такого элемента в иерархической структуре из основных пяти элементов, а именно: 1) блок корпуса 1_i1_0 ; 2) передаточно-усилительный механизм 2_i1_0 ; 3) привод зажима 3_i1_0 ; 4) установочные элементы 4_i1_0 ; 5) зажимные элементы 5_i1_0 . Кодовое обозначение элемента $J = 1..n$ – номер иерархического уровня элемента в иерархической совокупности уровней зажимного патрона; i и s – обозначение номера варианта исполнения в соответствии элемента и совокупности элементов ($s = 0$ – одновременное применение признаков и $s = 1$ альтернативность признаков из числа возможных); $N = 1-5$ – номер иерархического уровня совокупности элементов, в состав которого входит данный элемент; j и k – соответственно номера групп иерархических уровней, в которых размещены элемент и совокупность элементов иерархии.

Схема некоторых элементов ЗП и их кодирование представлены в виде таблицы.

Схема структурных элементов ЗП и их кодов



Если элемент не отмечается уникальностью, то он обозначается индексом « i », в противном случае порядковым номером данного элемента в множестве технических решений данной группы.

$$K = \begin{vmatrix} 1_i1_i & & & & \\ & 2_i1_i & & & \\ & & 3_i1_i & & \\ & & & 4_i1_i & \\ & & & & 5_i1_i \end{vmatrix}$$

Рис. 2. Варианты возможных конструкций ЗП в виде матрицы

Структуру проектируемого ЗП можно представить в виде системы иерархических уровней. Варианты возможных конструкций ЗП можно представить в виде матрицы (рис. 1). Для данного патрона иерархическая модель состоит из пяти иерархических уровней. Составлена матрица, которая позволяет синтезировать множество схем структур компоновок ЗП, которую можно представить в виде матриц структур, обозначив элементы матриц через соответствующую нумерацию альтернатив.

Заключение. Предложено многовариантную структуру конструктивных и функциональных реализаций зажимных патронов с учетом взаимосвязи структуры патрона с особенностями морфологии. Разработана иерархическая модель технологической системы «патрон», а также принципы синтеза зажимных патронов с использованием пяти древовидных иерархических уровней.

Разработанная процедура синтеза является развитием известного морфологического подхода и может быть использована при ранних стадиях проектирования в машиностроении. Предложенный подход позволяет уменьшить размерности морфологической таблицы, уменьшить трудозатраты при поиске новых технических решений ЗП и эффективно генерировать морфологическое множество конструкций ЗП и группировать их и выбирать лучшие альтернативы.

Литература

1. Кузнецов, Ю. М. Передумови генетично-морфологічного синтезу електромеханічних приводів затискних механізмів, що обертаються / Ю. М. Кузнецов, Б. І. Придальний // Вісник НТУУ «КПІ». Машинобудування : зб. наук. праць. – 2015. – № 3 (75). – С. 48–55.
2. Васильків, В. В. До питання синтезу конструкції механізмів з робочими затискними пружними гвинтовими елементами / В. В. Васильків, І. С. Генік, О. Кочубинська // Процеси механічної обробки в машинобудуванні : зб. наук. праць. – 2006. – Вип. 3. – С. 171–180.
3. Гамрекелі, М. Н. Метод синтеза оптимальных аппаратурно-функциональных технических комплексов / М. Н. Гамрекелі // Изв. вузов. Машиностроение. – 2006. – № 9. – С. 75–84.
4. Уніфікований синтез розточних головок для формоутворення кільцевих канавок / Б. М. Гевко [та інш.] // Наукові нотатки. – 2011. – Вип. 35. – С. 37–45.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛАСТОМЕРНОГО ПОГЛОЩАЮЩЕГО АППАРАТА

А. С. Фалько

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. И. Столяров

Железнодорожные вагоны и локомотивы для ослабления воздействий продольных ударов оборудуются поглощающими аппаратами (ПА) автосцепного устройства [1]. Они предназначены для амортизации ударов, возникающих при маневрах и переходных режимах движения поездов. Одновременно ПА сам является устройством, через которое передается тяговое или тормозное усилие от одной части состава к другой. Поэтому ПА не только амортизатор удара, но и устройство, которое должно уравновесить достаточно большие статические и квазистатические силы в поезде. Такие аппараты, участвуя во взаимодействии вагонов друг с другом, должны также эффективно гасить возникающие при переходных режимах движения колебания поезда и препятствовать образованию в нем волн ударов [2].

Целью данной работы было исследование напряженно-деформированного состояния эластомерного поглощающего аппарата. Расчет напряжений и деформаций проводили с помощью метода конечных элементов.

Поглощающего аппарат (рис. 1) состоит из рабочего цилиндра 1, штока с поршнем 4 и крышек 5.

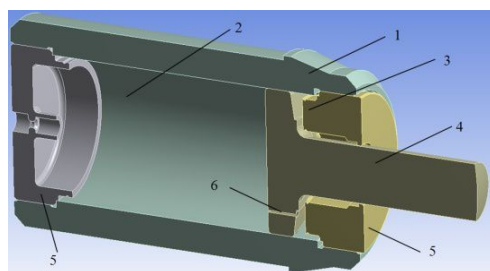


Рис. 1. Физическая модель поглощающего аппарата:
1 – цилиндр; 2 – камера сжатия; 3 – камера расширения;
4 – шток с поршнем; 5 – крышки; 6 – дросселирующие отверстия

Цилиндр заполнен объемно-сжатым начальным давлением эластомерным материалом. Поршень делит внутренний объем цилиндра на две камеры: камеру сжатия 2 и камеру расширения 3. При сжатии поглощающего аппарата эластомер перетекает из камеры сжатия в камеру расширения, для этого предусмотрен кольцевой зазор между поршнем и цилиндром, а также дроссельные отверстия 6 в поршне 4. Основные параметры моделируемого поглощающего аппарата: диаметр штока – 165 мм; количество дросселирующих отверстий – 3; диаметр дросселирующего отверстия – 7 мм.

Материал элементов поглощающего аппарата: плунжера, штока и крышек – сталь 40ХС. Физико-механические свойства стали 40ХС: модуль упругости $E = 2,19 \cdot 10^5$ МПа; плотность $\rho = 7740$ кг/м³; предел прочности $\sigma_B = 1220\text{--}1670$ МПа, условный предел текучести $\sigma_{0,2} = 1080$ МПа.

Свойства эластомера были приняты следующими: плотность $\rho = 1200$ кг/м³; динамическая вязкость $\mu_0 = 3000$ Па · с [3].

Для определения динамической вязкости была принята реологическая модель Кросса [4]:

$$\mu = \frac{\mu_0}{1 + (\lambda \dot{\gamma})^n},$$

где λ – параметр, имеющий размерность время, $\lambda = 0,3$ с; n – показатель степени, $n = 0,7$. На рис. 2 показана зависимость динамической вязкости модельного материала от скорости сдвига $\dot{\gamma}$.

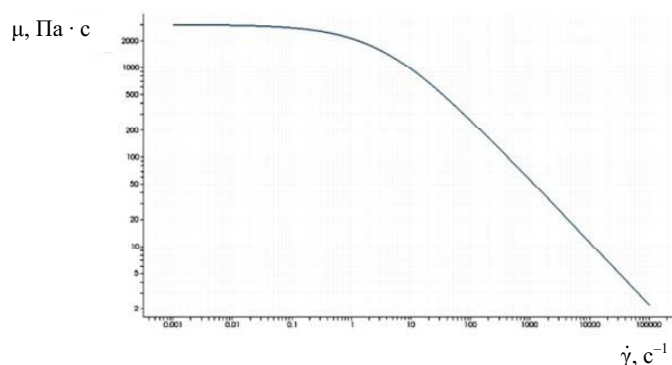


Рис. 2. Зависимость динамической вязкости μ эластомера от скорости сдвига

Условия нагружения ПА осуществляли в соответствии с данными работы [3]. Давление, полученное на этапе решения гидродинамической задачи течения эластомера в рабочей камере ПА, переносили на соответствующие поверхности деталей ПА. Закрепление цилиндра задавали с помощью колец, ограничивающих его перемещение в осевом и радиальном направлениях.

На рис. 3 показано распределение эквивалентных напряжений по Мизесу в деталях ПА. Из рис. 3, *а* видно, что значительные напряжения возникают в месте перехода штока и поршня. Напряжения достигают значения 1616 МПа, что может привести к разрушению в этой области. Уровень напряжений снижается с увеличением скорости удара, что объясняется снижением динамической вязкости эластомера и, соответственно, сопротивлению перемещения штока с поршнем. Эквивалентные напряжения в штоке и поршне находятся в интервале 500–900 МПа, что значительно меньше предела прочности для выбранной стали. Напряжения в цилиндре достигают 760 МПа и увеличиваются при увеличении скорости нагружения (рис. 3, *б*). Наибольшие напряжения локализованы в области торцевой поверхности сквозной крышки.

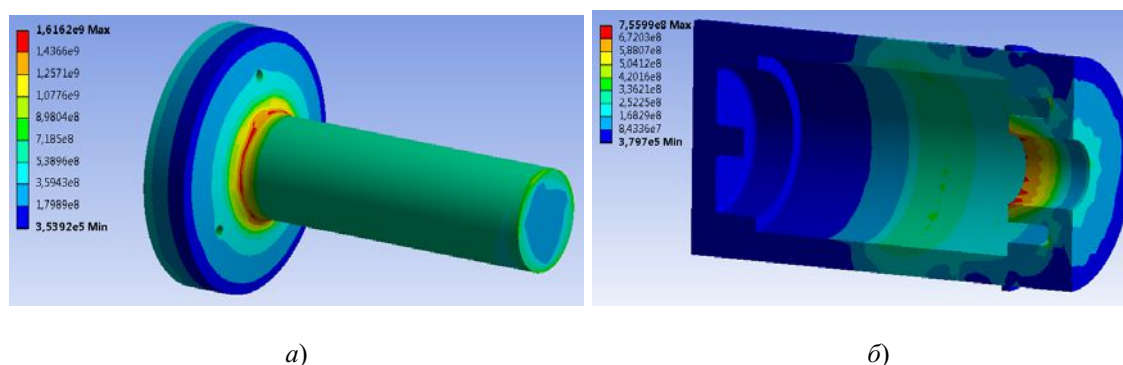


Рис. 3. Распределение эквивалентных напряжений по Мизесу, Па:
а – в штоке; *б* – в рабочем цилиндре

Сравнение результатов численного моделирования работы поглощающего аппарата при динамическом нагружении с экспериментом [3] показало адекватность разработанной модели.

Литература

1. Манашкин, Л. Гасители колебаний и амортизаторы ударов рельсовых экипажей / Л. Манашкин, С. Мямлин, В. Приходько. – Д., 2007. – 196 с.
2. Коломийченко, В. В. Автосцепное устройство подвижного состава / В. В. Коломийченко, Н. Г. Беспалов, Н. А. Семин. – М.: Транспорт, 1980. – 185 с.
3. Приемочные испытания поглощающего аппарата класса Т2 ПМКЭ-110 / Б. Г. Кеглин [и др.] // Вестн. Брян. гос. техн. ун-та. – 2007. – № 4 (16). – С. 50–58.
4. Матвеевко, В. Н. Вязкость и структура дисперсных систем / В. Н. Матвеевко, Е. А. Кирсанов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия. – 2011. – Т. 52, № 4. – С. 243–276.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ЧАСТИЦ ИЗНОСА ПРИ ГРАНИЧНОМ СМАЗЫВАНИИ

Е. М. Сущенко, К. А. Кожедуб

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Ю. Е. Кирпиченко

Диагностика состояния машин и механизмов, работающих в условиях смазки, может успешно осуществляться на основе анализа частиц износа и оценки свойств смазочной среды. Так, анализ частиц износа широко используется для оценки состояния узлов трения в авиации, горнодобывающей промышленности, в металлургии на морском, автомобильном и железнодорожном транспорте.

Параметры частиц износа отражают природу и степень износа трущихся поверхностей. В то время как размер и концентрация частиц износа являются надежным индикатором состояния машины, информация по морфологии и составу частиц износа требуется для того, чтобы определить тип износа и конкретную изнашиваемую деталь. В общем случае концентрация частиц износа в пробе масла и распределение их по размерам характеризуют скорость изнашивания и степень износа.

Типичная зависимость потери массы изнашиваемого тела от времени эксплуатации для большинства узлов трения имеет вид кривой, наклон которой в каждой точке характеризует интенсивность изнашивания.

Первая стадия представляет начальный период изнашивания, продолжительность которого невелика по сравнению с ожидаемой долговечностью узла трения. Она характеризуется нестационарным состоянием трибосистемы и большой интенсивностью изнашивания, которая постепенно понижается, а также высокой скоростью образования частиц износа. Эта стадия называется приработкой трибосистемы, в течение которой трущиеся поверхности приспособляются друг к другу, в частности, устанавливается так называемая равновесная шероховатость. Трение и износ изменяются таким образом, что трибосистема переходит в стационарное состояние, характеризующееся наибольшей продолжительностью, стабильными условиями трения и практически постоянной и относительно низкой интенсивностью изнашивания. Нормальному установившемуся режиму работы механизма соответствует равновесная концентрация мелких частиц. С течением времени износ постепенно возрастает, приводя к повреждению поверхности, изменению формы и зазора трущихся элементов пары, что в конечном итоге приводит к значительному нарушению условий работы, интенсивность износа резко возрастает и наступает катастрофическое изнашивание.

В ходе эксплуатации механизма в зоне трения образуются частицы износа, несущие информацию о процессах, происходящих в зоне трения. В табл. 1 приведены параметры частиц износа, соответствующие приработке, установившемуся и катастрофическому изнашиванию. Видно, что частицы износа имеют характерные для каждого режима изнашивания параметры – форму и размеры.

При переходе от установившегося режима изнашивания к катастрофическому увеличивается концентрация частиц износа и распределение их по размерам смещается в крупноразмерную область. Внезапное появление крупных частиц в масле свидетельствует о наступлении катастрофического изнашивания.

Таблица 1

Связь изнашивания с морфологией и геометрическими параметрами частиц износа [1]

Режим изнашивания	Классификация наблюдаемых частиц износа	
Приработка	Спирали, стружка, петли	Сфера 1–20 мкм, пластинки и чешуйки
Установившийся режим	Пластинки и чешуйки < 25 мкм, гладкие пластинки с высоким отношением длины (<15 мкм) к толщине	Частицы <15 мкм, средний размер 2 мкм
Катастрофический режим	Усталостно-блочные, брускообразные, тонкие пластинки с поверхностными бороздками с размером в главном направлении > 20 мкм, стружка длиной 5–100 мкм, шириной 2–15 мкм	Частицы <150 мкм, средний размер 20 мкм

В общем случае изнашивание трибосопряжения является результатом протекания разнообразных процессов разрушения и изменения свойств материала. В любой момент времени эксплуатации узлов трения одновременно имеет место многообразие видов изнашивания. Основные из них – абразивный, адгезионный, окислительный и усталостный (табл. 2).

Таблица 2

Связь видов изнашивания с параметрами частиц износа [1]

Вид изнашивания	Классификация частиц износа
Абразивный	Спирали, стружка, петли Стружка, спирали длиной 25–100 мкм, шириной 2–5 мкм, толщиной 0,20–0,25 мкм
Адгезионный	Чешуйки размерами до 15 мкм, толщиной 0,25–1,0 мкм
Окислительный	Частицы размером <150 мкм
Усталостный	Пластинки, чешуйки, усталостно-блочные, брускообразные, сферические частицы Сферы размеров >3 мкм

Перспективным направлением развития трибодиагностики при современном уровне развития систем технического мониторинга является установление корреляционных связей электрофизических параметров зоны трения и структуры частиц износа. С этой целью был проведен анализ экспериментальных данных, полученных при исследовании электрического сопротивления трибологического контакта в условиях эволюции видов изнашивания [2]. На основе представленных результатов [1], [2] была разработана блок-схема автоматизированной системы мониторинга трибологической эволюции процесса изнашивания. Реализация работы компьютерного варианта макета системы мониторинга позволил с большой степенью вероятности утверждать, что практическая реализация автоматизированной системы мониторинга решит задачу обеспечения своевременного ремонта и технического обслуживания сложного оборудования при минимальных затратах.

Литература

1. Маркова, Л. В. Трибодиагностика машин / Л. В. Маркова, Н. К. Мышкин. – Минск : Белорус. наука, 2005.
2. Мышкин, Н. К. Механика и трибофизика электрических контактов / Н. К. Мышкин, М. Браунович, В. В. Кончиц // Трение и износ. – 2015. – Т. 36, № 6. – С. 596–610.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ РЕГУЛЯРНЫХ УГЛОВЫХ ПАЗОВ

А. В. Сакович

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель М. И. Михайлов

Исследованием точности обработки регулярных угловых пазов занимались в НТУ (Украина) О. А. Пермяков, О. О. Ключко и Ю. А. Сеница, в докладе которых поднималась проблема синтеза технологических параметров высокопроизводительной обработки зубчатых реек спаренными фрезами [1]. Также проблемами точности обработки зубчатых реек занимались в Национальном аэрокосмическом университете имени Н. Е. Жуковского (Украина) Б. В. Лупкин, О. В. Мамлюк и Р. П. Родин, которые поднимали вопросы определения исходных инструментальных поверхностей при обработке зубчатых реек [2]. Вопросы исследования точности обработки зубчатых реек набором фрез не рассматривались в вышеприведенных статьях, поэтому в данной статье речь пойдет именно об этом способе обработки.

В качестве объекта исследований была выбрана деталь типа «гильза» на предприятии ОАО «Гомельский завод станочных узлов», имеющая в своем исполнении зубчатую рейку, состоящую из 31 зуба, выполненного по 9-й степени точности с видом сопряжения *B*. Зубчатая рейка обрабатывается набором фрез, при этом скорость резания, силы резания, мощность определялись по известной методике [3].

Статическая точность, перемещения набора фрез определялись методом Верещагина.

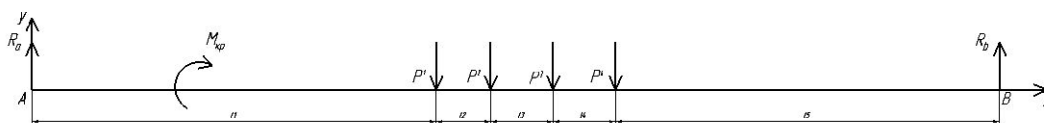


Рис. 1. Расчетная схема к методу Верещагина

При расчете реакций в опорах были получены следующие результаты:

$$R_A = \frac{(P_1(l_5 + l_4 + l_3 + l_2)) + (P_2(l_5 + l_4 + l_3)) + (P_3(l_5 + l_4)) + (P_4 l_5) M_{кр}}{l_5 + l_4 + l_3 + l_2 + l_1} = 5069,92 \text{ Н};$$

$$R_B = \frac{(P_1 l_1) + (P_2(l_1 + l_2)) + (P_3(l_1 + l_2 + l_3)) + (P_4(l_1 + l_2 + l_3 + l_4)) M_{кр}}{l_5 + l_4 + l_3 + l_2 + l_1} = 7077,4 \text{ Н}.$$

В результате построения эпюры моментов в опорных точках были получены значения, сведенные в табл. 1.

Таблица 1

Значение моментов в опорных точках

$M_1, \text{Н} \cdot \text{м}$	$M_2, \text{Н} \cdot \text{м}$	$M_3, \text{Н} \cdot \text{м}$	$M_4, \text{Н} \cdot \text{м}$	$M_5, \text{Н} \cdot \text{м}$
705,25	2358,04	2447,35	2396,95	2193,994

Построив единичные эпюры, приложив в опорных точках установки фрез силы $P = 1$, построили эпюры единичных моментов.

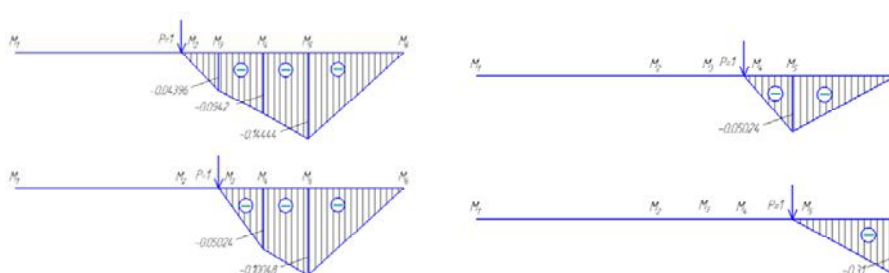


Рис. 2. Эпюры единичных моментов

В результате перемножения единичных эпюр с эпюрой моментов по правилу Верещагина были получены перемещения в опорных точках, к которым в последующем была добавлена податливость, возникающая в соединении компенсаторов со ступицей фрезы, равная $\left(10^{-3} \frac{\theta}{M_1} l_1^2\right) = 0,5212 \cdot 10^{-6}$. По полученным данным построим гистограмму перемещений.

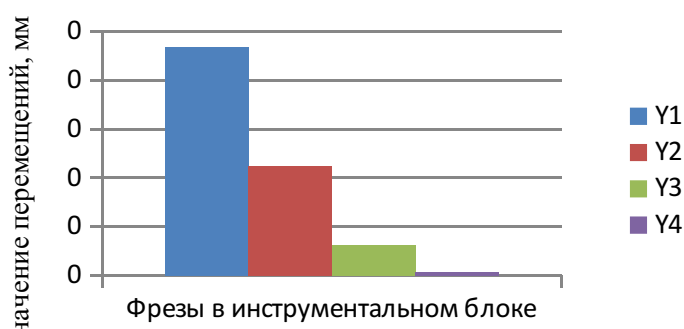


Рис. 3. Гистограмма перемещений фрез в инструментальном блоке

Геометрическая точность определялась размерным анализом (рис. 4).

При расчете линейной размерной цепи замыкающим звеном является компенсатор 10, длиной $A = 50,24$ мм и имеющей допуск $T_A = 0,06$ мм. В результате расчета были получены значения допусков для составляющих размерной цепи, результаты занесены в табл. 2.

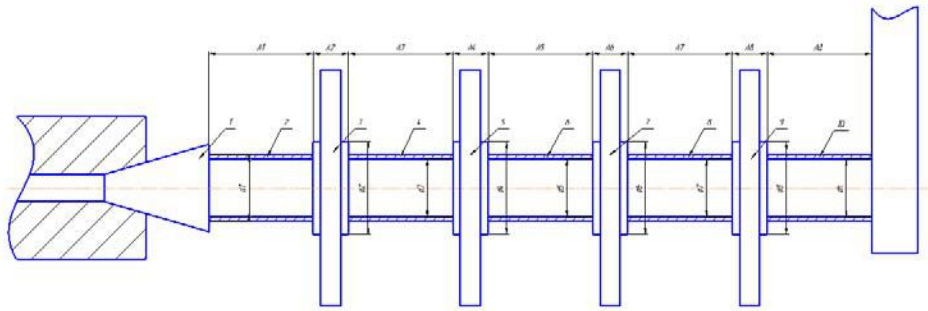


Рис. 4. Расчетная схема к определению накопленной погрешности и значений допусков звеньев

Таблица 2

Результаты расчета размерной цепи

A_1 , мкм	A_2 , мкм	A_3 , мкм	A_4 , мкм	A_5 , мкм	A_6 , мкм	A_7 , мкм	A_8 , мкм
7,5	0,64	2,4	0,64	2,79	0,64	2,79	0,64

Значение накопленной погрешности перекоса фрезы 9 (рис. 3) определили по зависимости [4]:

$$t = 0,85 \sqrt{\left(\frac{d_n}{d_1}\right)^2 t_1^2 + \left(\frac{d_n}{d_2}\right)^2 t_2^2 + \left(\frac{d_n}{d_3}\right)^2 t_3^2 + \left(\frac{d_n}{d_4}\right)^2 t_4^2 + \left(\frac{d_n}{d_5}\right)^2 t_5^2 + \left(\frac{d_n}{d_6}\right)^2 t_6^2 + \left(\frac{d_n}{d_7}\right)^2 t_7^2 + t_n^2},$$

где d_n – диаметр фрезы 9, составляющей инструментальный блок; t_n – допуск на отклонение от параллельности торцов ступицы фрезы 9 инструментального блока; d_i – диаметр звена, составляющего инструментальный блок; t_i – допуск на отклонение от параллельности торцов составляющих звеньев инструментального блока.

В результате расчетов было определено значение накопленной погрешности последнего инструмента в инструментальном блоке, $t = 43$ мкм. Затем в зависимости от изменения точности изготовления компенсационных колец были получены различные значения накопленной погрешности (рис. 4).

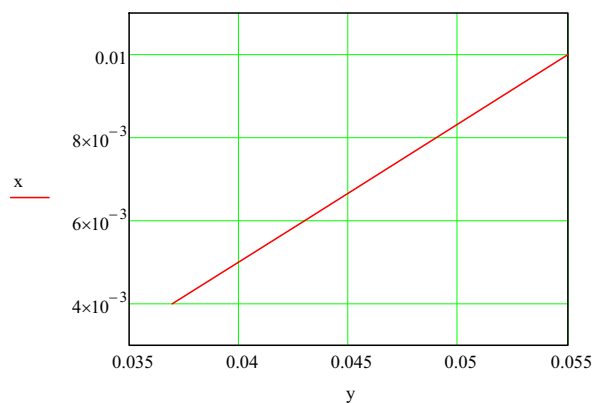


Рис. 4. График изменения накопленной погрешности в зависимости от изменения точности изготовления компенсационных колец

Радиальное биение, действующее на фрезу 3 (рис. 3), определили по зависимости [5]:

$$2e_{\Sigma} = \frac{1}{K_{\Sigma}} \sqrt{(A_1^2 K_1^2 e_1^2) + (A_2^2 K_2^2 e_2^2) + (A_3^2 K_3^2 e_3^2) + (A_4^2 K_4^2 e_4^2)} = 0,014 \text{ мм},$$

где A_1, A_2, A_3, A_4 – передаточное отношение конической оправки, цилиндрической оправки, фрезы; K_1, K_2, K_3, K_4 – коэффициент относительного рассеяния конической оправки, цилиндрической оправки, фрезы; e_1, e_2, e_3, e_4 – величина биения конической оправки, цилиндрической оправки, фрезы; K_{Σ} – суммарный коэффициент относительного рассеяния.

В результате анализа точности обработки регулярных угловых пазов были получены значения статической и геометрической точности, не выходящие за пределы предельно- допусковых значения (ГОСТ 1643–81).

Литература

1. Пермяков, А. А. Синтез технологических параметров высокопроизводительной обработки зубчатых реек спаренными фрезами / А. А. Пермяков, А. А. Ключко, Ю. А. Сеница // Технологии в машиностроении. – 2017. – № 17. – С. 71–77.
2. Лупкин, Б. В. Исходные инструментальные поверхности при обработке зубчатых реек / Б. В. Лупкин, О. В. Мамлюк, Р. П. Родин // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – 2009. – № 43. – С. 76–82.
3. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / Ю. А. Абрамов [и др.] ; под общ. ред. А. Г. Косилова, Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1986. – 281 с.
4. Дунаев, П. Ф. Расчет допусков размеров / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – М. : Машиностроение, 1981. – С. 149.
5. Кузнецов, Ю. И. Оснастка для станков с ЧПУ / Ю. И. Кузнецов, А. Р. Маслов. – М. : Машиностроение, 1990. – С. 387.

РАСЧЕТ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕСУРСА ВИНТОВЫХ ЗАБОЙНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ БУРЕНИИ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН

Е. Г. Прахоцкий

Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. С. Асадчев

Винтовой забойный двигатель (англ. *positive displacement motor; mud motor; drilling motor*) – это гидравлическая машина объемного (гидростатического) действия. Основными элементами конструкции являются: двигательная секция, шпиндельная секция, регулятор угла. Винтовые забойные двигатели (ВЗД) применяют для бурения скважин различной глубины, они широко применяются для наклонно-направленного и горизонтального бурения.

В настоящее время недостаточно изучен вопрос эксплуатационного учета наработок на отказ и достоверного определения межремонтных периодов и полных ресурсов гидравлических забойных двигателей (ГЗД) и составляющих их элементов (узлов и деталей) до критического износа и списания при реализации турбинного способа бурения в процессе бурения глубоких скважин и боковых стволов. Это при-

водит при работе ГЗД к сокращению длительности рейсов и снижению эффективности турбинного бурения, особенно при использовании ГЗД в компоновке с алмазными долотами.

Недостаточно объективное установление эксплуатационных показателей надежности ГЗД, отсутствие обоснованных структур и состава ремонтных работ, а также соответствующих норм расхода ЗИП к ним приводит к искажению реальных потребностей буровых предприятий в ГЗД различных типоразмеров и составляющих их элементах (узлах и деталях).

Рассматривая ГЗД как единые механические системы, под эксплуатационной надежностью понимают свойства ГЗД, состоящих из нескольких элементов (узлов и деталей), выполнять заданные функции, сохраняя эксплуатационные показатели в установленных пределах в течение требуемого промежутка времени.

Различая для ГЗД два вида надежности: потенциальную и фактическую, – в условиях цехов по ремонту ГЗД, оснащенных соответствующими испытательными стендами типа СОИ, – потенциальная надежность определяется на основании энергетических характеристик ГЗД (новых или отремонтированных), снятых перед направлением их на буровые, а фактическую надежность – после отработки ГЗД на буровых (перед их разборкой).

Результаты стендовых исследований различных типов ГЗД положены в основу методики оценки остаточного ресурса и энергетических характеристик ГЗД, которая позволяет установить вероятностную, – с достаточной степенью достоверности – их количественную оценку для принятия решения о целесообразности дальнейшей отработки ГЗД и прогнозирования ее длительности.

Порядок расчетов в соответствии с вышеобозначенной методикой включает следующие этапы работ:

Этап 1. Снятие показателей работы ВЗД при трех значениях производительности насосной установки испытательного стенда типа СОИ (СОИ-500 или СОИ-250).

1.1. Снятие показателей работы ВЗД при трех значениях производительности насосной установки испытательного стенда: Q_1 (макс); Q_2 (средн.); Q_3 (мин) на характерных режимах работы ВЗД (режим холостого хода, режим максимума КПД и режим максимума мощности).

1.2. Полученные показатели заносятся в табл. 1.

Таблица 1

Пример показателей ВЗД – ДР1-240 № 213/33 на характерных режимах

Производительность, л/с	Момент, кН · м	Частота вращения, об/с	Частота вращения, об/мин	Давление, МПа	Мощность, кВт	КПД, %
Режим холостого хода						
13,16	0	0,796	47,76	0,43	0	0
18,84	0	1,136	68,16	0,526	0	0
22,15	0	1,322	79,32	0,684	0	0
Режим максимума КПД						
13,16	1,747	0,668	40,08	1,063	7,332	52,427
18,84	3,123	0,929	55,74	1,966	18,22	49,187
22,15	3,614	1,096	65,76	2,329	24,88	48,255

Окончание табл. 1

Производительность, л/с	Момент, кН·м	Частота вращения, об/с	Частота вращения, об/мин	Давление, МПа	Мощность, кВт	КПД, %
Режим максимума мощности						
13,16	4,384	0,457	27,42	2,68	12,586	35,692
18,84	5,309	0,742	44,52	3,042	24,735	43,154
22,15	6,631	0,846	50,76	3,926	35,251	40,552

1.3. Построение зависимости вращающего момента, развиваемого ВЗД, от производительности (Q_1 ; Q_2 ; Q_3) насосной установки испытательного стенда в режиме максимального КПД и в режиме максимальной мощности (рис. 1).

$$M = f(Q). \quad (1)$$

Пользуясь линейной аппроксимацией, полученная зависимость достраивается до требуемых значений производительности в прогнозируемых условиях.

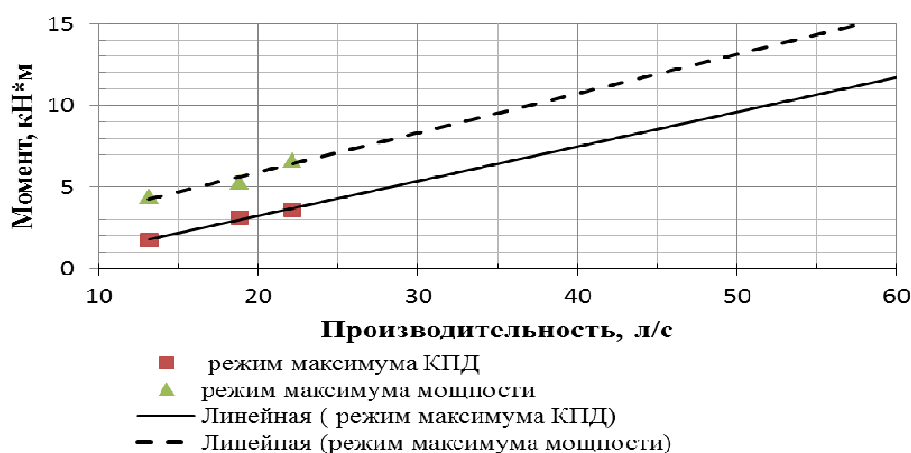


Рис. 1. Пример зависимости момента на ВЗД Д1-240М №33/213 от производительности Q

Этап 2. Определение необходимого момента для вращения долота в зависимости от его типоразмера, осевой нагрузки и типа разбуриваемых пород;

2.1. Необходимый момент M для обеспечения вращения долота в прогнозируемых условиях бурения в зависимости от необходимой осевой нагрузки $G_{\text{нагр}}$, диаметра долота D и коэффициента m_0 сопротивления вращению долота рассчитывается по формуле (2):

$$M = m_0 \frac{D}{2} G_{\text{нагр}}. \quad (2)$$

2.2. Коэффициент сопротивления вращению долота m_0 в зависимости от типа долота и разбуриваемых пород принимается по справочным данным, представленным в табл. 2.

Коэффициенты сопротивления « m_0 » вращению долота

Шарошечные долота						PDC	
тип вооружения						для карбонатных пород	для галитовых пород
М, МЗ	МС, МСЗ	С, СЗ	СТ, СТЗ	Т, ТЗ	К	–	–
0,095	0,085	0,074	0,058	0,053	0,042	0,21	0,25

2.3. Для наиболее распространенных в РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» диаметров долот на диаграммах (рис. 2, а, б) приведены рассчитанные в соответствии с п.п. 2.1 и 2.2 зависимости момента на долоте от его типоразмера, приложенной осевой нагрузки и типа проходимых горных пород.

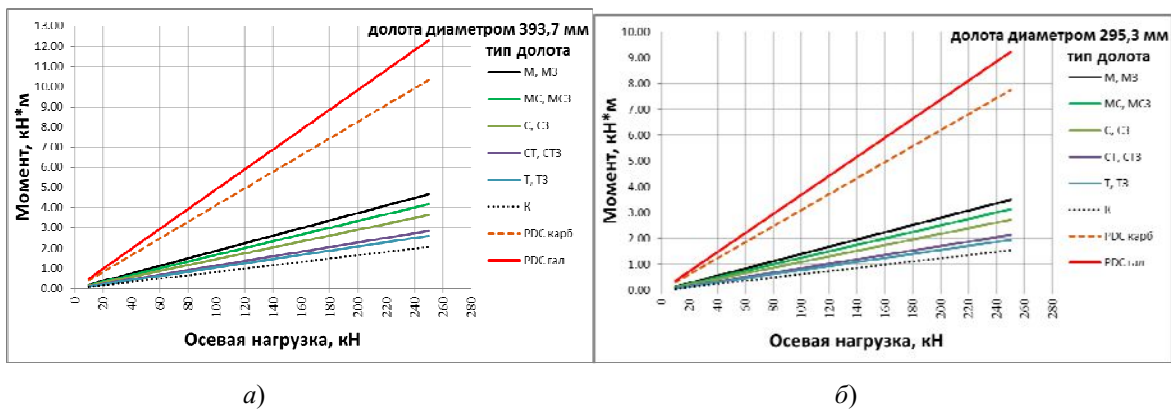


Рис. 2. Примеры диаграмм зависимости момента на долоте от его типоразмера, приложенной осевой нагрузки и типа разбурываемых горных пород: а – для долот диаметром 393,7 мм; б – для долот диаметром 295,3 мм

Этап 3. Определение пригодности ВЗД для эксплуатации в заданных (планируемых) условиях.

3.1. Для определения требуемых характеристик в прогнозируемых условиях – аналогично действиям этапов 1 и 2 – строятся зависимости момента, перепада давления и частоты вращения при трех характерных режимах работы ВЗД от производительности.

3.2. В результате анализа данных, занесенных в таблицу и включающих значения энергетических характеристик ВЗД, снятых на стенде, а также особенностей условий и параметров режима бурения на планируемой скважине, делается заключение о пригодности тестируемого ВЗД – в зависимости от его износа – к дальнейшей работе в запланированных условиях на проектируемой скважине.

Этап 4. Определение характеристик ВЗД, необходимых для оптимизации параметров режима бурения и поддержания их в рациональных пределах в процессе бурения в запланированных условиях.

4.1. Расчет гидравлических программ для бурения скважин в прогнозируемых условиях с использованием протестированных ВЗД производится с использованием полученной зависимости давления от производительности в режиме холостого хода.

4.2. На буровой по значениям перепада давления и производительности буровых насосов определяется режим работы ВЗД и корректируются режимно-гидравлические параметры бурения с целью использования ВЗД в режиме максимального КПД.

4.3. Отработку двигателя на буровой рекомендуется производить в режиме максимального КПД с обеспечением установленного для определенного типоразмера ВЗД значения дифференциального перепада давления на ВЗД. По значению дифференциального перепада давления на ВЗД и производительности буровых насосов в условиях буровой можно определить режим работы ВЗД и частоту вращения ВЗД.

Этап 5. Прогнозирование остаточного ресурса ВЗД.

5.1. Ресурс ВЗД зависит от многих факторов, основными являются: режим работы ВЗД; плотность бурового раствора; содержание твердой фазы в буровом растворе.

5.2. Основным критерием износа ВЗД является зависимость падения развиваемого им вращающего момента в режиме максимальной мощности при рекомендованных (паспортных) значениях производительности от времени.

5.3. Пример определения остаточного ресурса ВЗД приведен для ДР-240 с наработкой 113 ч на рис. 3.

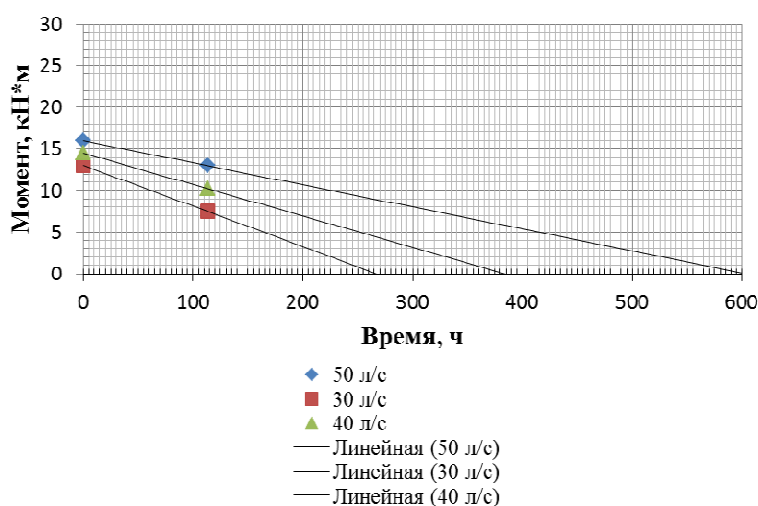


Рис. 3. Пример прогнозирования остаточного ресурса ВЗД ДР 240

Прогнозирование остаточного ресурса ГЗД позволит при поддержании ГЗД и породоразрушающего инструмента в работоспособном состоянии в течение длительного времени интенсифицировать параметры режима бурения и 113 ч длительность рейсов, обусловленную объективным повышением межремонтного периода ГЗД, особенно при их работе в компоновке с алмазными долотами, что обеспечит повышение механической и коммерческой скоростей бурения и снижение эксплуатационных затрат на 1 м проходки со значительным годовым экономическим эффектом.

РЕЗУЛЬТАТЫ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ТЕРМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ КОРРОЗИИ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ ТРУБ

В. О. Кученев

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научные руководители: А. С. Асадчев, А. Г. Ракутько

Коррозия оборудования в нефтепромысловых системах является электрохимической и обусловлена присутствием в добываемой продукции минерализованной водной фазы и растворенных в ней коррозионных газов: сероводорода (H_2S) и углекислого газа (CO_2). На скорость протекания коррозии оказывают влияние ряд внешних и внутренних факторов, одним из таких является температура [1].

Температура оказывает в большинстве случаев значительное влияние на скорость электрохимической коррозии металлов, так как изменяет скорость диффузии, перенапряжение электродных процессов, степень анодной пассивности, растворимость деполаризатора (например, кислорода) и вторичных продуктов коррозии. При ее повышении скорость коррозии, как правило, возрастает. Это вызвано следующими основными причинами:

- увеличением скорости диффузии деполаризатора к поверхности металла и продуктов коррозии от поверхности металла;
- снижением перенапряжения и увеличением скорости электрохимических реакций;
- отложением солей на корродирующую поверхность.

Принято считать, что карбонат кальция ($CaCO_3$) является защитным осадком. Это справедливо для относительно пресных вод, содержащих кислород. Осадок $CaCO_3$ в этом случае плотный, хорошо сцеплен с металлом (особенно если осадкообразование вызвано повышением температуры), блокирует дальнейшее развитие коррозии, разделяя среду и металл. Такой механизм может реализовываться и в бескислородных нефтепромысловых системах. Однако здесь осадок $CaCO_3$ не столь плотен и однороден, намного легче удаляется с поверхности металла, а места его отслаивания становятся активными анодами [2].

Карбонат железа ($FeCO_3$) также традиционно относят к осадкам защитного типа. Анализ литературных данных показал, что осаждение $FeCO_3$ не обязательно приводит к формированию защитного слоя на поверхности металла. В работе [2] указано, что защитный слой $FeCO_3$ может образовываться лишь при температуре выше $60\text{ }^\circ\text{C}$. Обосновывают это тем, что скорость углекислотной коррозии с повышением температуры проходит максимум при $70\text{--}80\text{ }^\circ\text{C}$, а снижение коррозии при более высокой температуре ($>100\text{ }^\circ\text{C}$) связывают с формированием защитного сидеритового слоя. В исследованиях встречается, что в интервале температуры $60\text{--}100\text{ }^\circ\text{C}$ слой сидерита не является защитным. При дальнейшем повышении температуры $FeCO_3$ претерпевает морфологические изменения, уплотняется и приобретает защитные функции.

При определенных сочетаниях температуры, парциального давления углекислого газа и химического состава водной фазы возможно осаждение карбоната кальция. При этом, в отличие от процессов электрохимической коррозии с кислородной деполаризацией, где в углекислотных водных средах может образовываться осадок карбоната кальция, обладающий высокой адгезией к металлу и защитными свойст-

вами, углекислотная коррозия углеродистой стали в деаэрированных водах стимулируется совместным осаждением на металлическую поверхность коррозита и карбоната кальция [2].

БелНИПИнефть был проведен ряд экспериментов на стендовом оборудовании «АА-КОНКОР» по оценке влияния температуры на скорость коррозии трубной стали марки 30Г.

Все испытания проводились в циркуляционном контуре при постоянной скорости потока 0,2 м/с, соответствующей движению скважинной продукции в насосно-компрессорных трубах диаметром 73 мм при дебите 50 м³/сут; давлении 20 МПа; плотности среды 1,17 г/см³. За основу бралась модельная водная среда по ГОСТ 9.506–87. Плотность среды и давление испытаний были выбраны на основании анализа фактических промысловых данных, при которых отмечено интенсивное протекание коррозионных процессов подземного оборудования скважин НГДУ «Речицанефть». Согласно промысловым данным было принято содержание растворенных в воде H₂S на уровне 2 мг/л, СО₂ – 48 мг/л. Для контроля за изменением параметров рабочей среды в начале эксперимента, и далее ежедневно отбирались пробы для определения содержания растворенного углекислого газа и сероводорода. Температура потока поддерживалась постоянной и составляла 20, 35, 70 °С в каждом стендовом испытании соответственно. Экспериментально было установлено, что при невысоком содержании сероводорода, достаточное время испытаний составляет 3 сут, за это время скорость коррозии стабилизируется.

Испытания проводились на трех образцах-свидетелях, установленных на вертикальном участке циркуляционного контура. После соответствующей подготовки образцы устанавливались в ячейки испытательной установки с последующим полным погружением в рабочую среду с заданными параметрами. Скорость коррозии оценивалось гравиметрическим методом. Полученные результаты представлены в таблице.

Результаты определения скорости коррозии трубной стали марки 30Г при различных температурах

Концентрация, мг/л		Температура, °С	Скорость коррозии, мм/год	Среднее значение
СО ₂	Н ₂ S			
45	1,1	20	0,9	1,0
			1,0	
			1,2	
50	1,7	35	2,1	2,1
			2,3	
			2,0	
48	3,5	70	4,9	4,6
			4,3	

По результатам полученных данных была построена зависимость скорости коррозии трубной стали от температуры, представленная на рисунке.

Как видно из графика, отличие между образцами свидетелями невелико, что свидетельствует о сходимости результатов эксперимента. Скорость коррозии в диапазоне температур 20–70 °С возрастает и имеет линейный вид, что сопоставимо с литературными данными [3], [4].

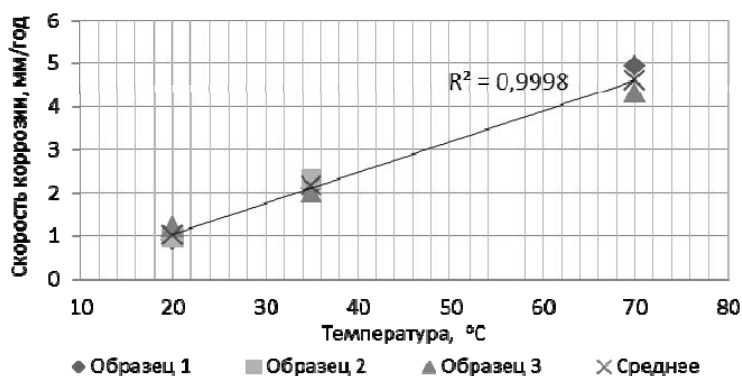


Рис. 1. Зависимость скорости коррозии трубной стали марки 30Г от температуры модельной среды

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:
– зависимость скорости коррозии трубной стали от температуры имеет линейный характер;

– скорость коррозии трубной стали марки 30Г увеличивается с ростом температуры по зависимости $v = 0,0715t - 0,392$, в условиях постоянного давления и состава среды;

– в данных экспериментах увеличение температуры не привело к усилению защитных свойств отложений солей CaCO_3 и FeCO_3 .

Литература

1. Жук, Н. П. Коррозия и защита металлов / Н. П. Жук. – М. : Машгиз, 1957. – 328 с.
2. Маркин, А. Н. Нефтепромысловая химия: практическое руководство / А. Н. Маркин, Р. Э. Низамов, С. В. Суховерхов. – Владивосток : Дальнаука, 2011. – 288 с.
3. Воробьева, Г. Я. Коррозионная стойкость материалов / Г. Я. Воробьева. – М. : Химия, 1975. – 816 с.
4. Семенова, И. В. Коррозия и защита от коррозии / И. В. Семенова, Г. М. Флорианович, А. В. Хорошилов. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 336 с.

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РЕЗАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ МАССЫ ИЗМЕЛЬЧАЮЩИМ АППАРАТОМ БАРАБАННОГО ТИПА

И. А. Нестерук, К. Е. Бородин

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель П. Е. Родзевич

При выполнении технологического процесса в кормоуборочном комбайне подающая часть затрат мощности (до 80 %) приходится на измельчающий аппарат (барабанного или дискового типа), обеспечивающий измельчение и транспортировку растительной массы (РМ).

Для выявления причины значительной затраты мощности на измельчающий аппарат проведем анализ силового взаимодействия ножа с растительной массой. Анализ процесса резания РМ позволяет обоснованно выбрать геометрические и кинематические параметры режущей пары, снизить удельную энергоемкость процесса измельчения, а также дать рекомендации об улучшении эксплуатационных характеристик ножей.

Энергоемкость процесса резания напрямую зависит от двух главных факторов: конструктивных особенностей и состояния режущей пары (нож – противорежущий брус).

Разделению РМ на части под воздействием лезвия ножа предшествует процесс предварительного сжатия им РМ до возникновения на кромке лезвия разрушающего контактного напряжения σ_p . Момент возникновения последнего определяется значением усилия $P_{кр}$ (критическое усилие), прикладываемого к ножу, преодолевающего ряд сопротивлений различного происхождения, возникающих в РМ. В большинстве случаев при резании однородных, упруго-вязких материалов усилие $P_{кр}$, при котором завершается процесс сжатия материала ($\approx 0,001$ с) и начинается его резание, является максимальным из всех усилий, возникающих в процессе резания. При анализе силового взаимодействия лезвия с РМ $P_{кр}$ становится наиболее важным объектом исследования.

Получим аналитическое выражение, определяющее величину критического усилия $P_{кр}$, которое необходимо приложить к ножу для того, чтобы под действием лезвия РМ начал разделяться на части.

При углублении лезвия ножа в слой подпрессованной РМ на величину $h_{сж}$, когда на его режущей кромке возникает разрушающее контактное напряжение σ_p , начинается процесс резания (рис. 1).

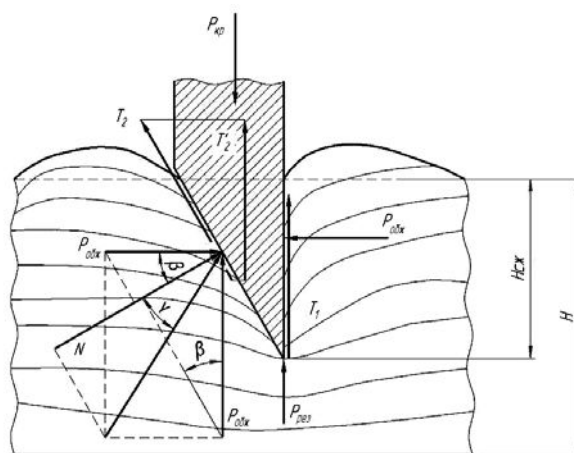


Рис. 1. Схема силового взаимодействия лезвия ножа с растительной массой

На нож действуют сила $P_{рез}$ сопротивления разрушению материала под кромкой лезвия, направленная вверх; силы $P_{обж}$ обжатия РМ, имеющие горизонтальное направление и действующие на боковые грани лезвия; сила $P_{сж}$ – сопротивления слоя сжатию фаской лезвия, направленная вверх.

Таким образом, на фаску лезвия действует сила N , являющаяся суммой проекций сил $P_{обж}$ и $P_{сж}$ на направление нормали:

$$N = P_{сж} \sin \beta + P_{обж} \cos \beta.$$

От нормальной силы N на фаске лезвия возникает сила трения:

$$T_2 = Nf,$$

где $f = \operatorname{tg}\varphi$ – коэффициент трения массы о материал лезвия; φ – угол трения.

Силу N можно также выразить через угол трения:

$$N = \sqrt{P_{\text{сж}}^2 + P_{\text{обж}}^2} \cos\varphi.$$

Аналогичная сила трения T_1 возникает на другой грани лезвия от силы $P_{\text{обж}}$:

$$T_1 = P_{\text{обж}} f.$$

Сила T_1 направлена вертикально вверх, а T_2 – под углом β наклона фаски. Вертикальная проекция силы T_2 равна:

$$T_2' = T_2 \cos\beta.$$

В момент начала резания подпрессованного слоя РМ критическая сила $P_{\text{кр}}$, приложенная к ножу, должна преодолеть сумму всех сил, действующих в вертикальном направлении, т. е.

$$P_{\text{кр}} = P_{\text{рез}} + P_{\text{сж}} + T_1 + T_2'.$$

Силу $P_{\text{рез}}$ можно определить как произведение площади заточенной кромки лезвия $F_{\text{л}}$ на разрушающее напряжение $\sigma_{\text{р}}$:

$$P_{\text{рез}} = F_{\text{л}} \sigma_{\text{р}} = \delta \Delta s \sigma_{\text{р}},$$

где δ – толщина кромки лезвия; Δs – длина лезвия.

Разрушающее напряжение $\sigma_{\text{р}}$ является параметром, присущим данному виду материала, и определяют его экспериментально.

Сила, обжимающая фаску лезвия ножа, определяется по выражению

$$P_{\text{обж}} = \mu \frac{E}{h} \int_0^{H_{\text{сж}}} H_{\text{сж}\chi} dH_{\text{сж}} = \mu \frac{E}{2} \frac{H_{\text{сж}}^2}{H}.$$

Если учесть, что коэффициент Пуассона имеет малые значения, то можно сказать, что сила обжатия составляет незначительную часть от $P_{\text{сж}}$:

$$P_{\text{сж}} = \frac{E}{H} \operatorname{tg}\beta \int_0^{H_{\text{сж}}} H_{\text{сж}\chi} dH_{\text{сж}} = \frac{E}{2H} H_{\text{сж}}^2 \operatorname{tg}\beta.$$

Таким образом, необходимая сила $P_{\text{сж}}$ для сжатия слоя фаской ножа находится в квадратичной зависимости от величины $H_{\text{сж}}$.

Подставляя значения всех сил, противодействующих $P_{кр}$, получим значение последней для лезвия длиной $\Delta l = 1$.

$$P_{кр} = \delta \sigma_p + \frac{E}{2} \frac{H_{сж}^2}{H} [\operatorname{tg} \beta + f \sin^2 \beta + \mu (f + \cos^2 \beta)].$$

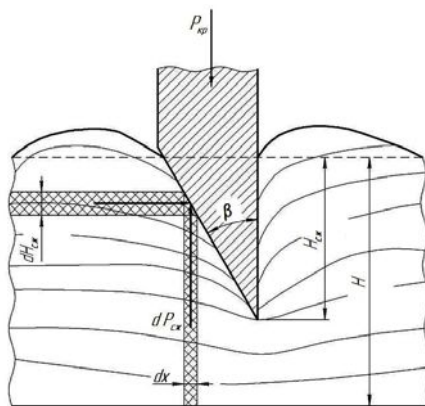


Рис. 2. Силовое взаимодействие лезвия ножа с растительной массой и схема к определению усилий $P_{сж}$ и $P_{обж}$

Таким образом, критическая сила резания определяется углом заточки β , остротой кромки лезвия δ , высотой слоя H растительной массы на выходе из питающего аппарата, ее физическими параметрами, а также толщиной $H_{сж}$ слоя растительной массы, подвергающейся сжатию ножом до начала резания. Одним из основных конструктивных параметров лезвия является его острота δ , которая имеет тенденцию к уменьшению с ростом количества переработанного материала и может достигнуть величины, когда процесс резания РМ становится экономически нецелесообразным.

Литература

1. Резник, Н. Е. Кормоуборочные комбайны / Н. Е. Резник. – М. : Машиностроение, 1980. – 375 с.
2. Влияние углов установки на напряженно-деформированное состояние ножа измельчающего барабана кормоуборочного комбайна / П. Е. Родзевич [и др.] // Вестн. ГГТУ им. П. О. Сухого. – 2016. – № 1. – С. 31–37.

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF MOBILE POWER UNIT AGGREGATION WITH MOUNTED IMPLEMENTS

J. Brefo

Sukhoi State Technical University of Gomel, Belarus

Science supervisor V. B. Popov

The paper presents a formalized description of the process of transferring the mobile power unit (MPU) of the mounted implements (MI) to the transport position by the lifting and hinging device. Based on the proposed functional mathematical model (FMM), the output parameters of the lifting and hinging device are calculated.

Introduction. A sufficient level of lifting and hinging device (LHD) of a mobile power unit is a condition for its ability to be mounted with implements (hinged working machinery or tools). The purpose of this work is the formation of the FMM LHD of a mobile power unit that is aggregated with MI.

Main part. The linkage mechanism (LM) is the main component of LHD, which determines the nature of interaction between MPU and hinged machines. The working machinery traction through the connecting triangle is connected with the MI, which is taken as the output link of the closed kinematic chain consisting of the MPU frame, the MI and the LM links. Calculation of output parameters of LM is carried out on the basis of its flat analog obtained from the 3d model by projecting the centers of LM hinges on its longitudinal plane of symmetry MPU. The structurally flat analog of the LM includes a four-link, to which two Assyrian groups of the 2nd order, the 1st type, are successively attached, forming a single-link eight-link lever mechanism (Fig. 1). The change in the input coordinate (ΔS) LM, is uniquely related to the change in its output coordinates ($\Delta\varphi_6$, ΔY_{S6} , ΔX_{S6}). Geometric and kinematic analysis of a closed kinematic chain is performed sequentially, in accordance with its structure and on the basis of the closed vector contour method [1].

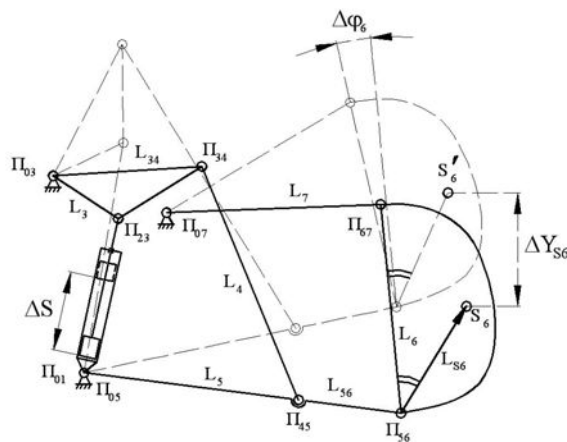


Fig. 1. Scheme of the transfer of implements from the worker to the transport position

In the coordinate system associated with the MPU, the coordinates of the moving joints LM and the characteristic points of the closed kinematic chain are determined. In particular, the coordinates of the suspension axis LM – are determined by the expressions:

$$X_{56}(S) = X_{05} + L_{56} \cos \varphi_5(S), \quad Y_{56}(S) = Y_{05} + L_{56} \sin \varphi_5(S), \quad (1)$$

where X_{05} , Y_{05} – coordinates of the fixed hinge Π_{05} on the MPU frame; φ_i – the angle formed by the corresponding link in the right Cartesian coordinate system.

Coordinates of the characteristic point – the center of gravity of the MI are determined by the expressions:

$$X_{S6}(S) = X_{56}(S) + L_{S6} \cos[\varphi_6(S) + \varphi_{S6}]; \quad (2)$$

$$Y_{S6}(S) = Y_{56}(S) + L_{S6} \sin[\varphi_6(S) + \varphi_{S6}], \quad (3)$$

where L_{S6} and φ_{S6} is the characteristics of the vector drawn from the suspension axis to the center of gravity of the MI.

The procedure of kinematic analysis is formed in accordance with the LM structure by differentiating with respect to the independent variable (t) equations describing closed vector contours [1]. Definition of analogues of angular velocities of links LM is conducted in the direct order, since the rotary lever ($\Pi_{03}\Pi_{34}\Pi_{23}$). The expression for the analogue of the angular velocity of the lifting lever [3] has the form:

$$\varphi'_3(S) = \frac{d\varphi_3}{dS} = \frac{2S}{\sqrt{4 \cdot L_{13}^2 \cdot L_3^2 - [S^2 - (L_{13}^2 + L_3^2)]^2}}. \quad (4)$$

The transfer ratios $U_{53}(S)$ and $U_{65}(S)$, which connect the angular velocities of the links L_{56} and L_3 , and also L_{56} and L_6 , are determined as a result of a sequential kinematic analysis of the closed contours and $\Pi_{03}\Pi_{34}\Pi_{45}\Pi_{05}$ и $\Pi_{07}\Pi_{67}\Pi_{56}\Pi_{05}$ (Fig. 1):

$$U_{53}(S) = \frac{d\varphi_5(S)}{d\varphi_3(S)} = \frac{L_{34} \sin[\varphi_{34}(S) - \varphi_4(S)]}{L_5 \sin[\varphi_5(S) - \varphi_4(S)]}, \quad (5)$$

$$U_{65}(S) = \frac{d\varphi_6(S)}{d\varphi_5(S)} = \frac{L_{56} \sin[\varphi_5(S) - \varphi_7(S)]}{L_6 \sin[\varphi_7(S) - \varphi_6(S)]}. \quad (6)$$

Also for the given scheme LM the following relations are valid:

$$\varphi'_5(S) = \varphi'_3(S)U_{53}(S), \quad U_{63}(S) = U_{53}(S)U_{65}(S), \quad \varphi'_6(S) = \varphi'_3(S)U_{63}(S), \quad (7)$$

where $\varphi'_5(S)$ and $\varphi'_6(S)$ are analogs of the angular velocities of the links L_{56} and L_6 ; $U_{63}(S)$ – the gear ratio that connects the angular speeds of the lifting arm and implements.

The gear ratio implements is an analogue of the vertical velocity of the center of gravity of the KNK-500 [3]:

$$I_{S6}(S) = \varphi'_3(S)U_{53}(S)[L_{56} \cos \varphi_5 + U_{65}L_{S6} \cos(\varphi_6 + \varphi_{S6})]. \quad (8)$$

In accordance with the established design practice of LHD [4], a similar kinematic parameter was determined – the gear ratio of the LM on the axis of its suspension – $I_m(S)$, which is represented by the first term in expression (8). The diagrams of the change in gear ratios of LM MPU are presented in Figure 2.

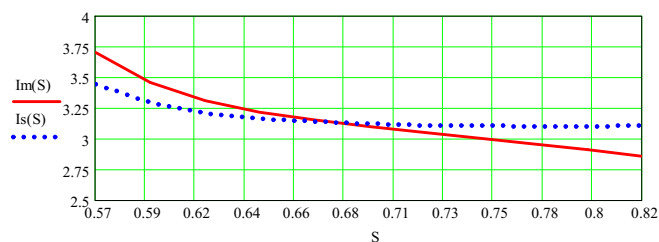


Fig. 2. Dependences of the gear ratios MH on the suspension axis (solid line) and at a distance from it (dashed line) from the generalized coordinate

The force analysis of the LM consists in determining the forces acting in the joints of the links, and is carried out according to the Assurian groups in the reverse order to the kinematic analysis, according to a known technique [2], [4].

The value of the load applied to the piston of the hydro cylinder HC – $F_L(S)$ consists of a useful component, as well as reduced frictional force (F_f^L) and force of inertia (F_{in}^L) [2].

$$F_L(S) = F(S) + F_{in}^L(S) + F_f^L(S). \quad (9)$$

The load applied to the HC is proportional to the gear ratio LM – $I_{S_6}(S)$ [2]:

$$F(S) = P_6 I_{S_6}(S), \quad (10)$$

where P_6 – is the weight of the ME.

The maximum driving force developed on the HC rod to overcome the load applied to the HC is determined by the expression:

$$F_{df}^{\max} = p_{HC}^{\max} F_c, \quad (11)$$

where F_c – the area of the piston HC; p_{HC}^{\max} – is the maximum pressure in the HC.

The maximum pressure in the HC is limited by the setting of the safety valve and the pressure losses in the hydraulic drive:

$$p_{HC}^{\max} = p_{SV} - (\Delta p_{dl} + \Delta p_{ml}), \quad (12)$$

where p_{SV} is the setting pressure of the hydraulic safety valve; Δp_{dl} – pressure loss on the throttle in the drain line; Δp_{ml} – loss of pressure in the main line.

Dynamic analysis of the hydraulic drive of LHD associated with the MI through LM is described in [2]. The law of motion of the loaded piston HC $S(t) = f(S_0, \dot{S}, \ddot{S}, t)$ was determined, as well as the pressure change in the cavity of the HC on the side of the pressure line p_2 .

The lifting capacity of LHD is determined by the formulas:

$$G_m(S) = \frac{p_2^{\max} \eta S_{HC}}{I_m(S)}; \quad G_{S_6}(S) = \frac{p_2^{\max} \eta S_{HC}}{I_{S_6}(S)}, \quad (13)$$

where $G_m(S)$ – the load capacity of the LHD on the suspension axis; $G_{S_6}(S)$ – the load capacity of the LHD corresponding to the location of the center of gravity of the MI; p_c^{\max} – the maximum possible pressure in the hydraulic cylinder LM; η – the efficiency of the LM; S_{HC} – the area of the workers' HC pistons.

On the basis of the expression for determining the payload and the received LM ($\eta = 0,85$) efficiency, the load capacity of the LHD of the “SEU-350” was determined on the suspension axis and at a distance S_6 from it. The calculation showed that the lifting capacity of the LHD at a distance S_6 from the suspension axis is 62.02 kN.

The results of calculating output parameters of LHD “SEU-350”, aggregated with “KNK-500”, are presented in Tables.

Output parameters of LDH “SEU-350”

S, m	$Y_{56}(S), m$	$\varphi_6(S), g$	$\varphi_3'(S), 1/m$	$I_m(S)$	$I_s(S)$	$Fg(S), kN$	$p_2(S), MPa$	$G_m(S), kN$	$GS_6(S), kN$
0,571*	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,596	0,320	90,019	4,844	3,454	3,291	157,931	14,313	59,101	62,05
0,621	0,404	89,869	4,425	3,312	3,210	154,092	13,963	61,635	63,597
0,646	0,486	89,780	4,175	3,218	3,164	151,849	13,760	63,440	64,536
0,671	0,566	89,741	4,022	3,149	3,135	150,490	13,637	64,824	65,118
0,696	0,644	89,746	3,935	3,095	3,118	149,658	13,561	65,967	65,480
0,721	0,720	89,794	3,896	3,048	3,107	149,159	13,516	66,989	65,699
0,746	0,796	89,884	3,896	3,003	3,102	148,884	13,491	67,977	65,821
0,771	0,870	90,021	3,932	2,959	3,100	148,779	13,482	69,003	65,867
0,796	0,944	90,209	4,003	2,911	3,101	148,833	13,487	70,136	65,843
0,821	1,016	90,459	4,112	2,858	3,106	149,086	13,509	71,445	65,732

*Connection of the mounted feed-handling combine “KNK-500” is performed when the height of the suspension axis (Y_{56}) is 0,33 m, which corresponds to $S = 0,596$ m.

Conclusion. It should be noted that the above methodology for determining the load capacity and other output parameters of the MPU LHD allows you to evaluate the performance of the aggregation and other MI with any other MPU LHD model having identical structure.

Literature

1. Artobolevsky, I. I. Theory of mechanisms and machines / I. I. Artobolevsky. – M. : Mechanical Engineering, 1988. – P. 640.
2. Popov, V. B. Calculation of the lifting capacity of the lifting and hinging device of the universal energy facility of the third generation / V. B. Popov // Bulletin of the GSTU P. O. Sukhoy. – 2012. – № 3. – P. 43–48.
3. Popov, V. B. Analytical expressions of the kinematic transfer functions of the energy supply mechanism / V. B. Popov // Bulletin of the GSTU P. O. Sukhoy. – 2000. – № 2. – P. 25–29.
4. Guskov, V. V. Tractors. Part III. Design and calculation / V. V. Guskov. – Minsk : Vyshesh. shk., 1981. – P. 383.
5. Ozol, O. G. Theory of mechanisms and machines / O. G. Ozol // Trans. with the Latvian ; under red. S. N. Kozhevnikova. – Moscow : Science. The main edition of the physical and mathematical literature, 1984. – P. 432.

СЕКЦИЯ II МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

ОСОБЕННОСТИ ДИФфуЗИОННОГО БОРИРОВАНИЯ ПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ ПЖРВ

Е. А. Астапов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Г. В. Петришин

Введение. Одной из операций, часто применяемых на заключительных стадиях технологических процессов изготовления деталей, является абразивная обработка, широко применяемая во всех отраслях машиностроения. Среди разновидностей абразивной обработки все большее распространение получает магнитно-абразивная обработка (МАО) ферромагнитными абразивными порошками под действием магнитных сил, используемая для обдирочно-зачистных работ, снятия заусенцев, шлифования и полирования. Анализ литературных данных [1] показывает, что с помощью МАО можно снизить исходную шероховатость с $Ra = 1,25-3,2$ мкм до $Ra = 0,08-0,02$ мкм; волнистость – в 8–10 раз, гранность – в 1,5–2 раза. При этом точность размеров и формы не изменяются. Основные преимущества МАО – возможность обработки сверхтонких изделий ($h = 0,05-0,5$ мм) и изделий неправильной геометрической формы, возможность обнаружения дефектов предшествующей обработки (трещины, прижоги и т. д.).

В настоящее время в качестве абразивных материалов для МАО [2] применяют механические смеси из магнитно-мягкого материала (железа, легированного железа), магнитно-твердого (ферритов, сплавов Fe–Ni–Al и Fe–Ni–Al–Co) или из абразивных частиц (алмаза, эльбора, корунда, карбида кремния, карбида бора и др.). Еще одной разновидностью абразивных материалов являются керметные порошки. Обычно их ферромагнитная основа состоит из железа или его сплавов, а в качестве абразивных фаз используют оксиды (Al_2O_3 , SiO_2), карбиды (SiC, TiC) и бориды (TiB_2 , ZnB_2). Нашли свое применение специальные магнитно-абразивные порошки типа «Полимам» и «Царамам», а также литые порошки на основе чугунов и закаленных сталей, ферросплавов (ферробор, ферровольфрам), магнитных сплавов (альсифер, амперм) и др.

Общим их недостатком являются средние показатели по физико-механическим свойствам (стойкость, магнитная проницаемость и т. д.), высокая себестоимость, а также трение материала ферромагнитной матрицы о полируемую поверхность, что недопустимо, например, при полировании химически активных материалов. Этот недостаток отсутствует у магнитно-абразивных материалов со структурами, в которых ферромагнитное ядро полностью покрыто абразивным материалом [3], [4]. Такие структуры можно получить борированием железного порошка.

В работе приведены исследования свойств и структуры слоев частиц порошка на основе ПЖРВ, полученных при помощи высокотемпературного борирования в течение 1, 3 и 5 ч.

Объекты и методы исследований. Объектом исследований являлись диффузионно-упрочненные слои частиц порошка на основе ПЖРВ. Порошки получали ме-

тодом диффузионного легирования бором. В качестве исходного сырья использовался порошок на основе ПЖРВ с размером частиц 0,05–0,063 мм. Исходный порошок в соотношении 1 : 7 перемешивали с насыщающей средой из карбида бора В₄С. Полученную смесь помещали в контейнер из стали 12Х18Н10Т с плавким герметизирующим затвором. Нагрев осуществляли в лабораторной камерной печи марки СНОЛ-1.62.0.08/9-141 до температуры 900 °С. Продолжительность химико-термической обработки составляла 1–5 ч в зависимости от требуемого количества бора в частицах порошка. Исследования микроструктуры проводились на оптическом микроскопе Метам РВ-22. Микротвердость определяли на приборе ПМТ-3 в соответствии с ГОСТ 9450–76 при нагрузке 0,981 Н.

Результаты исследования и их обсуждение. Исследования показали, что в процессе химико-термической обработки частиц порошка происходит увеличение массы и размеров частиц, причем это изменение зависит от времени и температуры борирования, т. е. от толщины диффузионного слоя. С увеличением толщины диффузионного слоя количество бора, проникшего в частицы порошка, возрастает, соответственно увеличиваются указанные выше параметры. В частности, после химико-термической обработки порошка на основе ПЖРВ фракции 50–63 мкм в условиях, обеспечивающих сквозное борирование (3 ч, 900 °С), наблюдали увеличение объема обрабатываемого порошка почти в два раза.

Основываясь на исследовании фотографий частиц порошка, борированных в различных условиях, полученных на спектральном электронном микроскопе *Vega II LMU*, установлено, что поверхность частиц становится шероховатой (рис. 1, а), появляются образования призматической формы в виде наростов (выступов) размером 2–5 мкм (рис. 1, б).

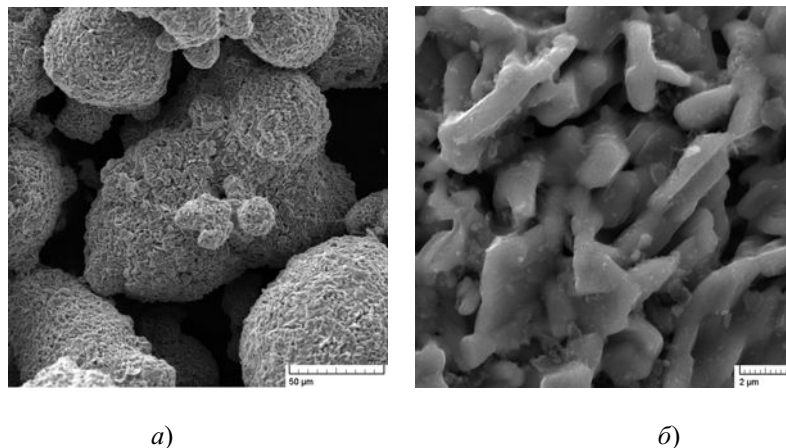


Рис. 1. Морфология борированных частиц порошка фракции 50–63 мкм (3 ч, 900 °С):
а – шероховатая поверхность частиц; б – призматические выступы на поверхности частиц

В результате исследования распределения микротвердости по глубине упрочненного слоя для образцов порошка, борированных при температуре 900 °С в течение 1 ч, установлено, что толщина диффузионного слоя составляет 18–26 мкм, а микротвердость образцов в зоне поверхностного упрочнения составляет 572–1097 НВ, затем при переходе к основе уменьшается до 87,6–160 НВ. Исследование последующих партий порошков показало, что химико-термическая обработка в среде из карбида бора В₄С

при температуре 900 °С и времени выдержки 3 и 5 ч приводит к сквозному борированию указанных образцов. В результате процесса диффузионного легирования микротвердость в упрочненной зоне для каждой партии образцов составила 1097 и 1532 HV, соответственно (рис. 2). Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что твердость всех партий образцов борированного порошка значительно выше по сравнению с исходной основой – порошком ПЖРВ, микротвердость которого составляет 71,3 HV.

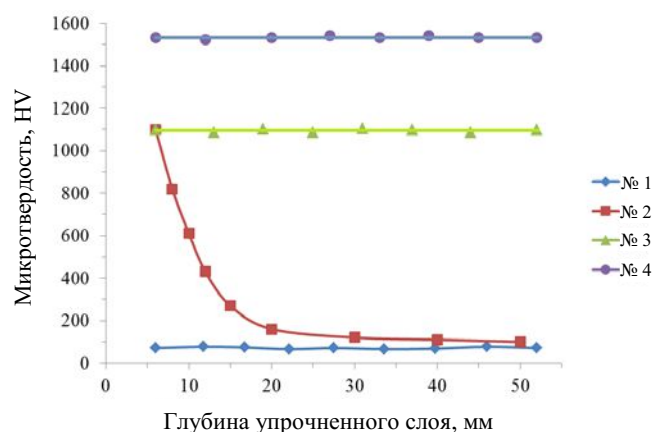


Рис. 2. Распределение микротвердости по глубине упрочненного слоя (от края к центру) в зависимости от режима химико-термической обработки: без обработки (№ 1), борирование при температуре 900 °С в течение 1 ч (№ 2), 3 ч (№ 3) и 5 ч (№ 4)

Заключение. В результате проведенной работы были исследованы технологические особенности диффузионного борирования частиц порошка на основе ПЖРВ. Получены закономерности толщины диффузионного боридного слоя от времени и температуры химико-термической обработки. Установлено, что после борирования увеличиваются размер и масса частиц порошка, при этом поверхность становится шероховатой за счет образования абразивной составляющей, представляющей собой боридный слой вокруг ферромагнитного ядра, имеющийся на каждой частице ферромагнитного порошка. Следует также отметить, что скорость диффузионного борирования порошка на основе ПЖРВ существенно выше, чем у стальной и чугунной дроби аналогичного фракционного состава. Это обусловлено невысоким содержанием углерода в исходном материале, а также отсутствием легирующих элементов, которые препятствуют диффундированию атомов бора внутрь частиц порошка.

Литература

1. Барон, Ю. М. Технология конструкционных материалов / Ю. М. Барон. – СПб. : Питер, 2012. – 512 с.
2. Оликер, В. Е. Порошки для магнитно-абразивной обработки и износостойких покрытий / В. Е. Оликер. – М. : Metallurgia, 1990. – 176 с.
3. Ферромагнитный абразивный материал : пат. 16981 С1 Респ. Беларусь, МПК С 09К 3/14, В 24D 3/34, С 23С 8/68 ; заявитель Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – № u 20101910 ; заявл. 2010.12.29 ; опубл. 2013.04.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 2 (91). – С. 104–105.
4. Новые диффузионно-борированные материалы для магнитно-абразивной обработки / Ф. И. Пантелеенко [и др.] // Перспективные материалы и технологии. – 2017. – Т. 2. – С. 241–254.

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ МЕТОДОМ ИНВЕРСИИ

А. В. Астрейко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Д. Г. Кроль

Современное развитие машиностроения невозможно без создания новых, более совершенных и точных механизмов и машин. На современном этапе более 90 % механизмов в машиностроении содержат плоские рычажные механизмы, в состав которых входят группы Ассура 2-го класса. Механизмы, где имеются группы Ассура классов выше второго, отличающиеся более сложными законами движения рабочих органов, применяются не столь широко [1]. Успешному применению подобных механизмов длительное время препятствовало отсутствие соответствующих алгоритмов анализа и синтеза. В данной работе мы частично решаем эту проблему для механизмов с группой Асура 3-го класса. Цель работы – определение кинематических параметров механизма с группой Ассура 3 класса.

Рассмотрим плоский рычажный механизм (рис. 1). Пусть в данном механизме звено 2 является входным. Далее этот механизм будем называть первичным. Первичный механизм состоит из двух структурных групп: начального механизма $I(1, 2)$ и группы Ассура 3-го класса $III(3-6)$.

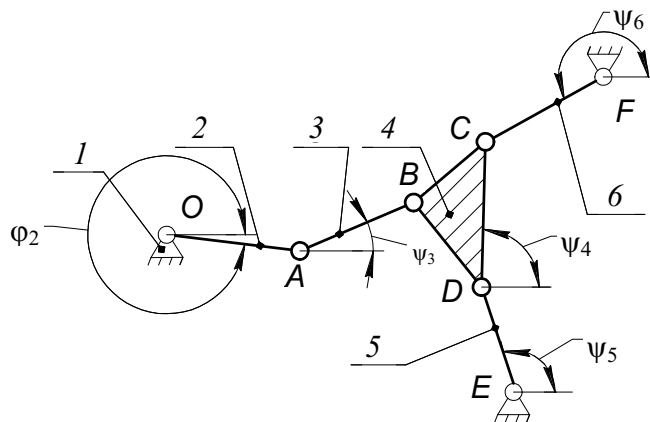


Рис. 1. Расчетная схема механизма

Формула строения первичного механизма имеет вид:

$$I(1, 2) \rightarrow III(3-6). \quad (1)$$

Решение задачи кинематики первичного механизма связано с известными трудностями на самом первом этапе кинематического анализа: определения положений звеньев механизма, т. е. угловых координат $\psi_3, \psi_4, \psi_5, \psi_6$. При аналитическом способе кинематического анализа координаты $\psi_3, \psi_4, \psi_5, \psi_6$ определяются из системы нелинейных уравнений, имеющих несколько вариантов решений (по количеству сборок механизмов). В общем случае (см. например [2]), для рассматриваемой группы Ассура 3-го класса число сборок равно шести.

Для упрощения и дальнейшего решения задачи кинематического анализа применим метод инверсии [3]. Суть метода заключается в условной замене входного звена, а при необходимости в одновременной условной замене входного звена и стойки. Для механизма (рис. 1) назначим звено 5 входным, т. е. этот механизм будет состоять уже из трех структурных групп: начального механизма $I(1, 5)$ и двух групп Ассура 2-го класса. В дальнейшем будем называть этот механизм обращенным. Формула строения обращенного механизма имеет вид:

$$I(1, 5) \rightarrow II(4, 6) \rightarrow II(2, 3). \quad (2)$$

Из формулы (2) видно, что обращенный механизм является типовым, для которого разработаны алгоритмы кинематического анализа [4]. Для обращенного механизма все кинематические характеристики будем обозначать верхним индексом *. Задаваясь положением ψ_5^* звена 5, находим аналитически либо графически (методом планов) угловые координаты звеньев $\varphi_2^*, \psi_3^*, \psi_4^*, \psi_6^*$ [4]. После определения положений звеньев механизма решаем задачу о скоростях и ускорениях. Для этого воспользуемся, например, методом планов для кинематического анализа механизмов с группами Ассура 2-го класса. Выбирая произвольно значение угловой скорости 5-го звена $\omega_5^* = \text{const}$, строим план скоростей и план ускорений механизма (планы строим для обращенного механизма) [4]. Из плана скоростей находим угловые скорости всех звеньев: $\omega_2^*, \omega_3^*, \omega_4^*, \omega_6^*$. Из плана ускорений определяем угловые ускорения звеньев: $\varepsilon_2^*, \varepsilon_3^*, \varepsilon_4^*$ и ε_6^* . Первую передаточную функцию от звена i к звену 2 определяем по формуле

$$\frac{d\psi_i}{d\varphi_2} = \frac{\omega_i^*}{\omega_2^*}. \quad (3)$$

Вторую передаточную функцию от звена i к звену 2 находим по формуле

$$\frac{d^2\psi_i}{d\varphi_2^2} = \frac{\varepsilon_i^* - (d\psi_i/d\varphi_2)\varepsilon_2^*}{(\omega_2^*)^2}. \quad (4)$$

Здесь $i = 3, 4, 5, 6$. Уравнения (3) и (4) определяют кинематические передаточные функции звеньев, которые в общем случае (например [4]) не зависят от скорости и ускорения входного звена и совпадают для первичного и обращенного механизмов.

Угловая скорость и угловое ускорение звена первичного механизма определяются по формулам [4]:

$$\omega_i = \frac{d\psi_i}{d\varphi_2} \omega_2, \quad \varepsilon_i = \frac{d^2\psi_i}{d\varphi_2^2} \omega_2^2 + \frac{d\psi_i}{d\varphi_2} \varepsilon_2, \quad i = 3, 4, 5, 6. \quad (5)$$

Таким образом, с помощью метода инверсии получены кинематические параметры звеньев (5) механизма 3-го класса.

Вывод. Кинематический анализ механизмов 3-го класса может быть выполнен путем условной замены входного звена с одновременным понижением класса механизма до 2-го типовыми алгоритмами кинематического анализа групп Ассура 2-го класса.

Литература

1. Джолдасбеков, У. А. Графо-аналитические методы анализа и синтеза механизмов высоких классов / У. А. Джолдасбеков. – Алма-Ата, 1983. – 256 с.
2. Пейсах, Э. Е. Определение положений звеньев трехповодковой и двухповодковой четырехзвенных групп Ассур с вращательными парами / Э. Е. Пейсах // Машиноведение. – 1985. – № 5. – С. 55–61.
3. Shai, O. Transforming engineering knowledge through graph representations: transferring the Willis method to linkages and trusses / O. Shai, E. Mohr // Engineering with computers. – 2004. – Vol. 20. – Iss. 1. – P. 2–10.
4. Теория механизмов и машин : учеб. пособие для вузов / М. З. Коловский [и др.]. – 2-е изд., испр. – М. : Академия, 2008. – 558 с.

**СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ЦЕМЕНТОВАННЫХ СЛОЕВ
СТАЛЕЙ 40X И 42CrMoS4**

А. В. Астрейко, Е. П. Поздняков

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

А. В. Радионов

ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Республика Беларусь

Научный руководитель И. Н. Степанкин

Введение. Для изготовления деталей машин и механизмов широкое применение нашли улучшаемые конструкционные стали 40X, 30XГСА, 40XН и др. [1]. Легирование сильными карбидообразующими элементами позволяет применять их в качестве материалов при производстве деталей машин, а также инструмента, эксплуатируемых в условиях трения и циклического нагружения поверхностного слоя. В настоящее время на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин отлажена технология плавки новых марок сталей в соответствии с DIN EN 10083, например 42CrMoS4, экспортируемой в страны Европейского Союза. В ее химический состав дополнительно введен молибден, который способствует измельчению аустенитного зерна на стадии нагрева под закалку из-за образования труднорастворимого карбида Mo_2C [1], [2]. Однако поведение стали 42CrMoS4 при различных эксплуатационных характеристиках мало освещено в научной литературе, что является дополнительным барьером для ее применения как отечественными, так и зарубежными производителями машиностроительной продукции.

Целью работы является установление влияния длительности цементации на структурообразование и твердость модифицированных слоев конструкционных улучшаемых сталей 40X и 42CrMoS4.

Объекты и методы исследований. Объектом исследований являлись диффузионные слои конструкционных улучшаемых сталей 40X и 42CrMoS4. Диффузионное насыщение поверхности образцов осуществлялось путем цементации при температуре 920 °С в течение 8 или 12-ти ч в древесно-угольном карбюризаторе с добавлением карбоната бария. Исследования микроструктуры проводились на оптическом микроскопе Метам РВ-22. Травление микрошлифов проводилось в 2,5%-м спиртовом растворе азотной кислоты. Распределение микротвердости по сечению диффузионных слоев определяли на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузке 2 Н.

Результаты исследования и их обсуждение. Во всех случаях основой металлической матрицы модифицированных слоев сталей 40X и 42CrMoS4 после цементации является перлит. Проведение цементации обеспечило формирование на поверхности слоя с выраженным заэвтектоидным строением.

В поверхностной зоне стали 40X после 8-часовой цементации карбидная фаза представлена преимущественно цементитной сеткой по границам перлитного зерна (рис. 1, а). В слое толщиной 0,1 мм наблюдается утолщение цементитной сетки. Объемная доля карбидов в данной зоне составляет 25 %. При изменении длительности цементации до 12-ти ч количество карбидной фазы повышается до 40–45 % (рис. 1, б). Ее морфология представлена тонкими отдельными пластинами, мелкими сферическими и крупными сросшимися карбидами, максимальный размер которых достигает 40–50 мкм. Следует отметить, что в данном слое карбидная фаза равномерно распределена по объему перлитной матрицы, что в совокупности со значительно меньшими размерами перлитного зерна обеспечило повышение поверхностной микротвердости с 3500–3600 до 3700–3800 МПа (рис. 2). Под зоной отдельных карбидов присутствует цементитная сетка (рис. 1, в), которая утончается по мере приближения к зоне эвтектоидного строения. Карбидная фаза распространена на глубину 0,5 мм от поверхности образцов после 8- и 12-часового насыщения.

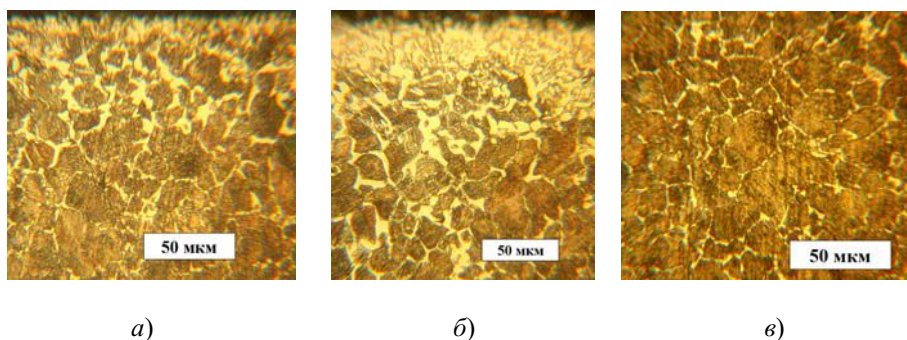


Рис. 1. Микроструктура диффузионного слоя стали 40X после цементации:
а – поверхности после 8-ми ч; б – поверхности после 12-ти ч;
в – подслоя с цементитной сеткой после 8- и 12-часового насыщения

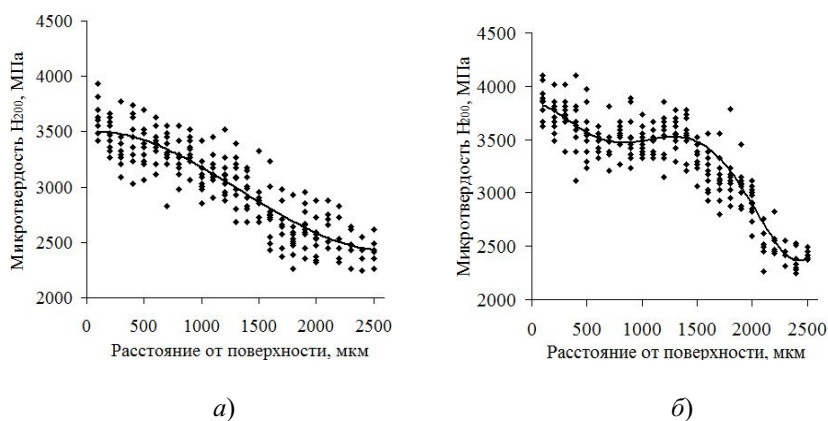


Рис. 2. Распределение микротвердости по сечению цементованных слоев стали 40X:
а – после 8-ми ч ХТО; б – после 12-ти ч ХТО

Общая толщина диффузионных слоев стали 40X достигает 1,6 мм после 8-часовой и 2,0 мм после 12-часовой ХТО (рис. 2). Отличительной особенностью слоя после 12-часовой цементации является формирование поверхностного слоя толщиной порядка 1,5 мм, в котором микротвердость снижается минимально с 3800 до 3300 МПа, после чего происходит резкое снижение до твердости сердцевины – 2300–2400 МПа (рис. 2, б). Таким же значением твердости сердцевины обладает сталь 40X после 8-часовой цементации.

При изучении цементованных слоев улучшаемой стали 42CrMoS4, дополнительно легированной молибденом, обнаружено, что включения в поверхностном слое толщиной 0,15–0,20 мм представлены преимущественно отдельными сферическими карбидами (рис. 3, а, б). Увеличение длительности насыщения с 8 до 12-ти ч привело к коагуляции карбидов и увеличению их объемной доли с 55 до 80 %. Размеры отдельных включений в обоих слоях достигают порядка 50 мкм. Исследование заэвтектоидного подслоя показало, что цементитная сетка имеет неравномерное разорванное распространение и, несмотря на наличие молибдена в составе стали 42CrMoS4, перлитное зерно значительно превышает размеры перлитного зерна в цементованных слоях, сформированных на стали 40X. Максимальные размеры эвтектоида в поперечнике достигают 50 мкм у слоев стали 40X и 100 мкм у слоев стали 42CrMoS4. Указанное явление может отразиться на характеристиках слоев после окончательной термической обработки – закалки и низкотемпературного отпуска. Распространение карбидной фазы зарегистрировано на глубину 0,5–0,6 мм после 8- и 0,6–0,7 мм после 12-часового насыщения.

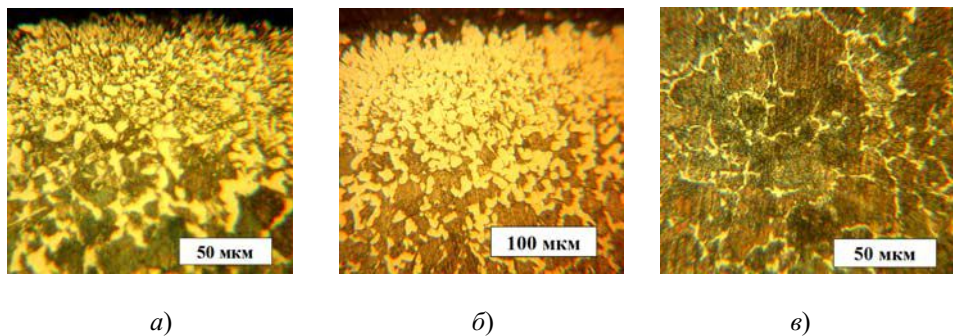


Рис. 3. Микроструктура диффузионного слоя стали 42CrMoS4 после цементации[^]
 а – поверхности после 8-ми ч; б – поверхности после 12-ти ч;
 в – подслоя с цементитной сеткой после 8- и 12-часового насыщения

Анализ графиков распространения микротвердости диффузионных слоев стали 42CrMoS4 показал, что увеличение длительности цементации с 8 до 12-ти ч отразилось на изменении твердости по всему сечению слоя (рис. 4). Микротвердость поверхности повысилась с 3300 до 3600 МПа в результате увеличения количества карбидной фазы с 55 до 80 %. Помимо этого повысилась микротвердость подповерхностного слоя и увеличилась толщина диффузионного слоя с 1,5 до 2,0 мм. Твердость сердцевины оказалась на уровне 2350–2500 МПа или 219–238 НВ. Такое значение сердцевины согласно ГОСТ 4543–71 и DIN EN 10083-3 соответствует твердости отожженных среднеуглеродистых низколегированных сталей 40X и 42CrMoS4.

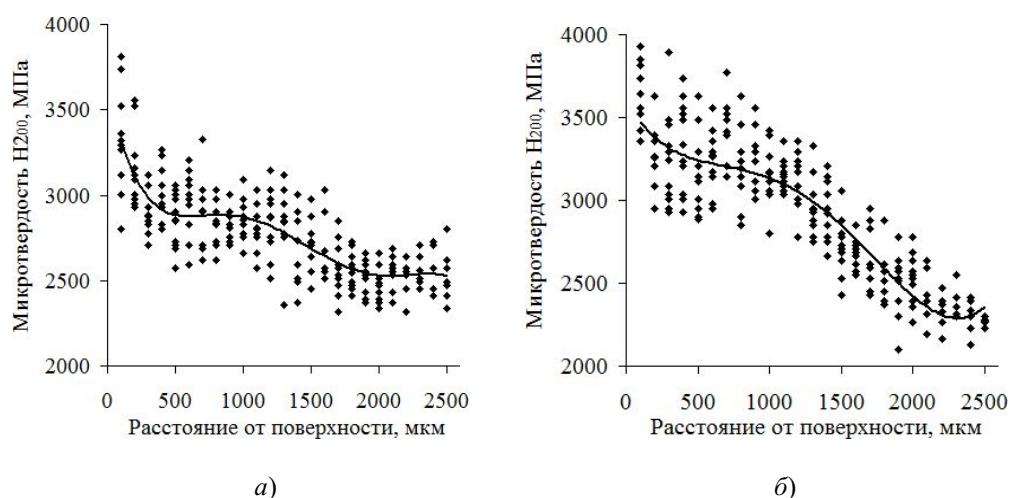


Рис. 4. Распределение микротвердости по сечению цементованных слоев стали 42CrMoS4:
 а – после 8-ми ч ХТО; б – после 12-ти ч ХТО

Заключение. Исследовано влияние длительности цементации на структурообразование и твердость конструкционных улучшаемых сталей 40Х и 42CrMoS4. Установлено, что количество и морфология карбидной фазы у сталей 40Х и 42CrMoS4 значительно отличается. Выявлено, что легирование молибденом не привело к измельчению перлитного зерна, что в дальнейшем может повлиять на механические и эксплуатационные характеристики слоев. Данная аксиома требует подтверждения после более детального изучения структуры и определения механических и эксплуатационных свойств слоев после окончательной термической обработки.

Литература

1. Лахтин, Ю. М. *Металловедение и термическая обработка металлов : учеб. для машиностр. вузов* / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1980. – 493 с.
2. Гуляев, А. П. *Металловедение* / А. П. Гуляев. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Metallurgia, 1977. – 647 с.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ЦЕМЕНТУЕМОЙ СТАЛИ 18ХГТ

С. Ю. Василькова, Е. П. Поздняков

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

А. В. Радионов

ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Республика Беларусь

Научный руководитель И. Н. Степанкин

Введение. Широко применяемая в машиностроении сталь 18ХГТ является одним из востребованных материалов для изготовления тяжелонагруженных валов, шестерен и других ответственных деталей. Основной технологией упрочнения данного сплава является цементация с последующей закалкой и низкотемпературным отпуском.

Рациональный набор легирующих элементов обеспечивает формирование легированных карбидов в поверхностном слое, твердость которого служит залогом для получения заданной величины предела контактной выносливости [1]. При этом свойства сердцевины сплава во многом влияют на прочность изделия в целом, что особенно актуально при изготовлении высоконагруженных крупномодульных зубчатых колес. В них закономерность распределения твердости по сечению является одним из основных факторов, определяющих надежность работы зубчатой передачи [2]. Исходя из общеизвестных закономерностей формирования науглероженного слоя, можно предположить, что влияние карбидной фазы на твердость поверхностного слоя будет основополагающим. При этом материал металлической матрицы – твердый раствор – будет выполнять роль связующего материала, обеспечивающего должную вязкость поверхностного слоя при действии на него пульсирующих контактных напряжений, а также изделия в целом, что актуально при изгибающих нагрузках, действующих на зуб шестерни. Ориентация на вязкость материала делает актуальным исследование режимов финишной термической обработки, а именно температуры отпуска на распределение твердости по сечению упрочненного слоя и изменение его структуры.

Объектами исследований являлись науглероженные слои стали 18ХГТ, выпускаемой ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК». Химико-термическую обработку проводили в среде древесного угля, модифицированного углекислым барием при температуре 920 °С в течение 8 ч. По окончании обработки ящики с образцами охлаждали в печи. После ХТО образцы закаливали в масле с температуры 860 °С и проводили отпуск при температурах 200 и 400 °С. Для анализа структуры одну из поверхностей кубических образцов размерами 20 × 20 мм шлифовали и полировали, травили 3–5%-м спиртовым раствором азотной кислоты. Металлографические исследования проводили на оптическом микроскопе Метам РВ-22. Оценку изменения строения поверхностного слоя и его твердости проводили механическим удалением с исследуемой поверхности образца слоя материала толщиной порядка 0,15–0,2 мм. Обнаженную внутреннюю поверхность металла полировали и подвергали дюрометрическим испытаниям на прессе Роквелла. Перечисленные действия по механическому удалению внешнего слоя металла и исследование поверхности повторяли до тех пор, пока минимальное значение твердости, соответствующее сердцевине металла образца после трехкратного удаления слоя толщиной 0,2 мм, оставалось неизменным.

Результаты исследований и их обсуждение. После закалки микроструктура цементованных образцов представлена мартенситом отпуска и карбидной фазой. Основным морфологическим отличием совокупности включений наружного слоя является присутствие различных по форме карбидов: игольчатых, пластинчатых, а также овальных. При длительности ХТО 8 ч далеко не все частицы в результате коагуляции приобретают округлые очертания. Около половины от всего их объема имеет форму близкую к пластинчатой (рис. 1, *а*). Размеры наиболее крупных овальных карбидов на поверхности составляют до 14 мкм в диаметре, а на глубине 0,2 мм они преимущественно пластинчатые длиной до 13 мкм. Применение метода секущих позволило убедиться, что суммарная доля карбидной фазы достигает 36 % и уменьшается при удалении от поверхностного слоя на 0,2 мм до 20 % (таблица). На указанной глубине карбидная фаза представлена выраженной скелетообразной сеткой, выявляющей границы между зернами твердого раствора. Его однородное травление (рис. 1, *б*) свидетельствует о незначительном количестве остаточного аустенита. В пользу указанного предположения свидетельствует анализ распределения твердости, отражающей неиз-

менно высокую величину – 60,6 HRC в наружном слое толщиной до 0,3 мм (рис. 2). Площадка равной твердости характеризуется практически одинаковыми значениями исследуемого параметра заэвтектоидной зоны модифицированного слоя.

Строение более глубоких слоев сформировано без структурно свободных карбидов, что объясняется постепенным снижением концентрации углерода. Размеры зоны его переменного распределения можно оценить по глубине переходной зоны, которая располагается на расстояниях 0,3–0,9 мм от поверхности. Твердость металла плавно снижается до 43 HRC. Структура переходной зоны представляет собой мелкоигольчатый мартенсит преимущественно зернистого строения, в то время как в сердцевине преобладают пластинчатые формирования, напоминающие трооститную матрицу с отдельными включениями из ферритных кристаллов, которые сохранились в результате недостаточно высокой для сердцевины температуры закалки (рис. 1, в, з).

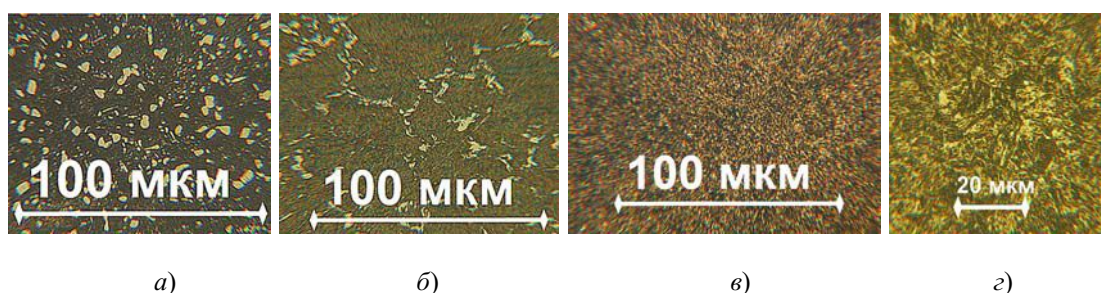


Рис. 1. Микроструктура упрочненного слоя после 8-часовой цементации и последующей термической обработки:
а – на поверхности; б – на глубине 0,14 мм; в – на глубине 0,9 мм;
з – сердцевины

Объемная доля структурно-свободных карбидных включений на различной глубине модифицированного слоя стали 18ХГТ, %

Длительность ХТО, ч	Глубина расположения исследованной поверхности образца, мм			
	0	0,14	0,29	0,46
8	36	20	–	–

Проведение дополнительного среднего отпуска привело к снижению величины твердости поверхностного слоя примерно на 10 единиц HRC. Но при этом твердость сердцевины уменьшилась не более чем на три единицы – с 43 до 40 HRC. Основной особенностью морфологии твердого раствора является укрупнение структурных составляющих в области окончания переходной зоны и в дальнейшем в материале сердцевины. Как видно из рис. 3, а, на глубине порядка 1 мм структура твердого раствора представлена трооститом. Его зерна к глубине 1,24 мм увеличиваются и приобретают выраженные пластинчатые очертания (рис. 3, б). При этом твердость металла снижается с 43 до 40 HRC. В дальнейшем этот показатель сохраняется неизменным, несмотря на заметное присутствие феррита в структуре сердцевины металла. Такое сочетание структуры и свойств сердцевины дает основание предполагать, что вязкость металла должна возрасти, а его износостойчивость в условиях действия на поверхностный слой пульсирующих контактных напряжений будет соизмерима с образцами, в отношении которых применялась закалка с низким отпуском.

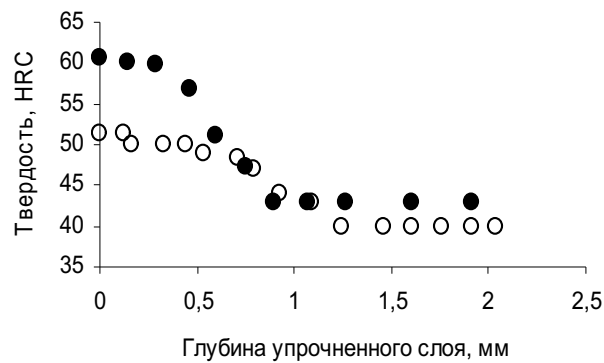


Рис. 2. Распределение твердости по сечению науглероженных слоев стали 18ХГТ после 8-часовой цементации, закалки и отпуска при температурах 200 °С (●) и 400 °С (○)

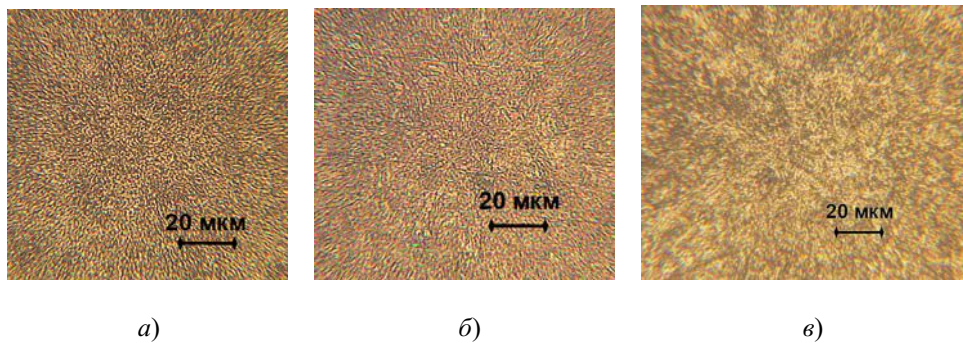


Рис. 3. Микроструктура упрочненного слоя после 8-часовой цементации и последующей закалки и среднего отпуска:
 а – на глубине 0,93 мм; б – на глубине 1,24 мм;
 в – в сердцевине, на глубине 2,04 мм

Заключение. Отмеченные отличия в распределении твердости науглероженных слоев стали 18ХГТ показали, что изменение температуры отпуска с 200 до 400 °С позволяет сохранить высокий уровень твердости сердцевины металла при выраженном присутствии в ее структуре ферритных зерен. Достижение указанного эффекта при сохранении твердости поверхности на уровне не менее 50 HRC создает предпосылки для получения высокой вязкости материала в совокупности с его удовлетворительной контактной выносливостью.

Литература

1. ГОСТ 21354–87 Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления.
2. Рыжов, Н. М. Технологическое обеспечение сопротивления контактной усталости цементуемых зубчатых колес из теплостойких сталей / Н. М. Рыжов // Металловедение и термич. обработка металлов. – 2010. – № 6. – С. 39–45.

**ВЛИЯНИЕ ОХЛАДИТЕЛЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА
ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СТАЛИ 9ХС****В. В. Ворона, Е. П. Поздняков***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь***А. В. Радионов***ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Республика Беларусь*

Научный руководитель И. Н. Степанкин

Введение. Холодновысадочный штамповый инструмент, работающий в условиях воздействия на рабочую поверхность пульсирующих нагрузок, должен обладать достаточной твердостью, которая является одним из важнейших механических свойств при выборе инструментальных материалов. Низколегированные инструментальные стали, такие как X, ХВГ, 9ХС, 7ХЗ и другие, хорошо закаляются в масле на твердость, необходимую для изготовления штампов холодного деформирования – не менее 58 HRC [1]. Следует учитывать, что скорость охлаждения в масле значительно ниже, чем в воде. Поэтому появляется необходимость проведения дополнительных исследований на износостойкость легированной инструментальной стали, закаленной в воде.

Целью работы является установление влияния вида охладителя на твердость и зависимости изнашивания термоупрочненной инструментальной стали 9ХС.

Объекты и методы исследований. Объектом исследований являлась инструментальная низколегированная сталь 9ХС. Термическая обработка стали 9ХС заключалась в проведении закалки с температуры 860 °С с охлаждением в воде или масле, криогенной обработке в жидком азоте (–196 °С) не позднее 30 мин после закалки и низкотемпературном отпуске при 200 °С в течение 1 ч. Интенсивность накопления усталостных повреждений в поверхностном слое инструмента при многократном контактом воздействии на материал исследовали на установке для испытаний на контактную усталость и износ [2]. Установка обеспечивает контактное нагружение торцевой поверхности плоской части образца за счет его прокатывания по рабочей поверхности подпружиненного дискового контртела. Линейная скорость испытаний составила 0,35 м/с. Регистрация значений износа заканчивалась при достижении глубины лунки износа 0,6 мм или 30 тыс. циклов нагружения. Испытания проводились при контактных напряжениях с амплитудой 1300 МПа. Исследования микроструктуры проводились на оптическом микроскопе Метам РВ-22. Дюрметрические характеристики определяли на прессе Роквелла ТК-2М при нагрузке 1471 Н.

Результаты исследования и их обсуждение. Микроструктура образцов из стали 9ХС представляет собой мартенсит отпуска, в котором равномерно распределены остаточный аустенит и мелкие карбиды (рис. 1).

Следует отметить, что охлаждение в различных средах – воде или масле – существенно не изменяет структурной картины. Объемная доля остаточного аустенита после охлаждения в масле, а затем и в жидком азоте составляет 6–8 об. % [3]. Измерения твердости показали, что при охлаждении в воде данный показатель достигает значений 60,5–61,5 HRC против 59–61 HRC при охлаждении в масле. Указанное повышение твердости, по-видимому, связано с уменьшением количества остаточного аустенита в результате увеличения скорости охлаждения. Размеры наиболее крупных карбидов не превышают 5 мкм.

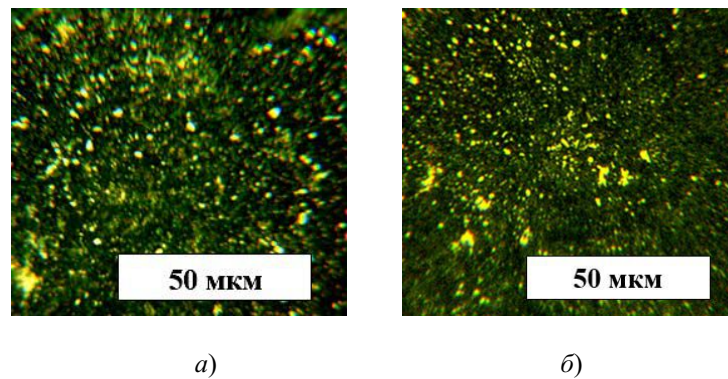


Рис. 1. Микроструктура образцов из стали 9ХС:
a – закаленных в масле; *б* – закаленных в воде

Испытания всех партий образцов на контактную усталость в условиях воздействия пульсирующих напряжений с амплитудой порядка 1300 МПа показали, что кривые накопленного износа имеют классический вид [4], характеризующийся наличием трех участков изнашивания (рис. 2). Следует отметить, что зависимости изнашивания у кривых достаточно близки.

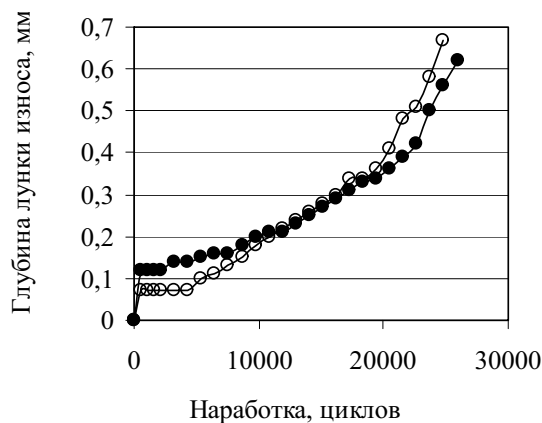


Рис. 2. Зависимости изнашивания от числа циклов нагружения стали 9ХС в процессе контактного нагружения напряжениями с амплитудой 1300 МПа:
 ● – образцы, закаленные в масле; ○ – образцы, закаленные в воде

На первом этапе происходит приработка контактирующих поверхностей образцов и появление небольшой лунки износа, на поверхности которой не обнаружено существенных следов усталостного разрушения (рис. 3, *a*) с дисковым контртелом. Длительность первого этапа составила 540 циклов контактного нагружения. При этом глубина лунки износа у образцов после охлаждения в воде составила 0,07 мм, а у образцов, охлажденных в масле, достигла 0,12 мм. Указанное различие связано с пониженной твердостью стали 9ХС после закалки в масле по отношению к сплаву, охлажденному в воде. Это подтверждается общеизвестным принципом, который основан на том, что сопротивление материала стойкости тем выше, чем выше твердость материала [5]. Второй этап, характеризующийся высокой стойкостью сплава к изнашиванию, составил 2 160 и 4 320 циклов нагружения для образцов после охлаждения в масле и воде, соответственно. Указанное отличие, как описывалось выше, связано с

твердостью материала. Однако данное утверждение характерно лишь при непродолжительных испытаниях, длительностью в несколько тысяч циклов нагружения. При более продолжительных испытаниях, свыше 5 тыс. циклов, на изнашивание большее влияние оказывают структурные составляющие сплава. В процессе постоянного воздействия пульсирующих напряжений в поверхностных слоях стали 9ХС происходит деформационное упрочнение сплава. Большее содержание остаточного аустенита в стали 9ХС после охлаждения в масле способствует ее повышению сопротивления усталостному изнашиванию, что отражается на кривых изнашивания (рис. 2). Третий этап, отмеченный на уровне глубины лунки износа 0,6 мм, достиг 24–25,5 тыс. циклов нагружения. Большее значение износа соответствует сплаву, охлажденному в масле. Изнашивание сплава характеризуется образованием трещин контактной усталости, что при постоянном увеличении числа циклов нагружения приводит к формированию питтингов на поверхности лунки износа (рис. 3, б–в).

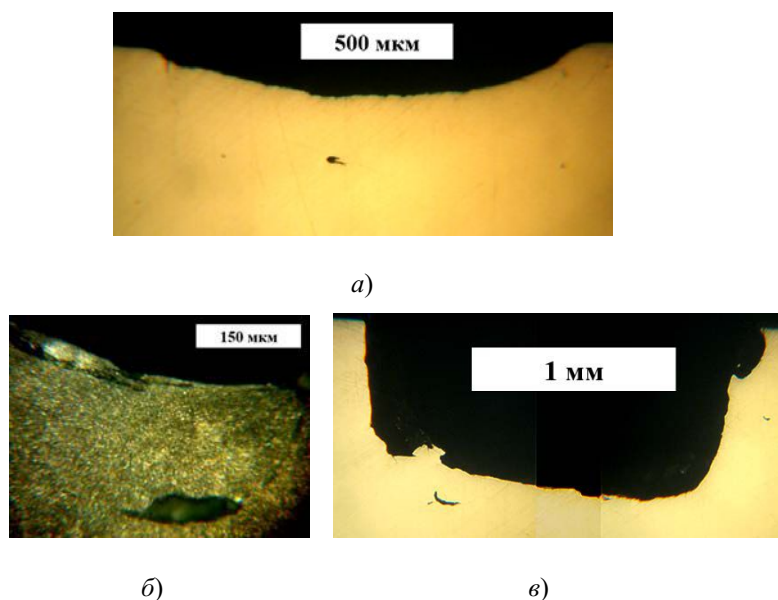


Рис. 3. Разрушение стали 9ХС на различных этапах изнашивания:
а – на первом и втором этапах; б, в – в конце второго и на третьем этапах

Заключение. Изучены зависимости изнашивания образцов из инструментальной стали 9ХС при контактном нагружении напряжениями с амплитудой порядка 1300 МПа. Выявлено, что кривые накопленного износа и разрушение стали 9ХС мало зависят от охлаждающей среды – вода или масло. Изнашивание сплава сопровождается деформационным упрочнением и образованием питтингов. Наибольшей стойкостью к изнашиванию обладают образцы из стали 9ХС, закаленные в масле. Их наработка достигла 25,5 тыс. циклов. Доказано, что структура, твердость и зависимости изнашивания стали 9ХС незначительно отличаются при ее закалке в масле или воде.

Литература

1. Сорокин, В. Г. Стали и сплавы. Марочник : справ. изд. / В. Г. Сорокин. – М. : Интермет Инжиниринг, 2001. – 608 с. : ил.
2. Устройство для испытания на контактную усталость и износ: полезная модель 7093 U Респ. Беларусь : МПК G 01N 3/00 / И. Н. Степанкин, В. М. Кенько, И. А. Панкратов ; дата публ.: 28.02.2011.

3. Геллер, Ю. А. Инструментальные стали : справ. / Ю. А. Геллер. – М. : Металлургия, 1984. – 584 с.
4. Карелин, Е. Н. Закономерности изнашивания зубьев зубчатых передач / Е. Н. Карелин, М. Э. Никифоров, А. В. Тигин // Успехи соврем. естествознания. – 2012. – № 6. – С. 75–76.
5. Рыжов, Н. М. Технологическое обеспечение сопротивления контактной усталости цементуемых зубчатых колес из теплостойких сталей / Н. М. Рыжов // Материаловедение и термич. обработка металлов. – 2010. – № 7. – С. 39–45.

**ТЕРМОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД СИНТЕЗА
НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ
ПОРОШКОВ ИТТРИЙ-АЛЮМИНИЕВОГО ГРАНАТА,
АКТИВИРОВАННОГО ИОНАМИ ЦЕРИЯ**

О. В. Давыдова, Н. Е. Дробышевская, В. Н. Шиленкова

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Е. Н. Подденежный

Введение. Синтез люминофоров термохимическим методом путем восстановления азотнокислых солей в органических соединениях является универсальной методикой, пригодной для одно- и многокомпонентных оксидных систем, хорошо воспроизводимой, допускает масштабирование и использует широко распространенные и недорогие исходные компоненты, такие как азотнокислые соли металлов, углеводы, органические кислоты [1].

В докладе приведены результаты исследований по оптимизации процесса термохимического синтеза ультрадисперсных порошков иттрий-алюминиевого граната, легированного ионами церия с использованием в качестве «горючих» сахарозы и уксусной кислоты.

Экспериментальная часть. Последовательность двухстадийного процесса синтеза $Y_3Al_5O_{12}:Ce$ с дополнительным прокаливанием прекурсора («длинный процесс») заключается в смешивании расчетных количеств $Y(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$, $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$, $Ce(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$, органического соединения – горючего (сахароза, уксусная кислота), добавлением дистиллированной воды, перемешиванием ингредиентов до состояния однородного геля. Последующая термическая обработка геля проводится сначала в сушильном шкафу при температуре 175–185 °С, а затем при 1100–1200 °С в муфельной печи на воздухе, в результате чего формируются нанокристаллические порошки, проявляющие интенсивные люминесцентные свойства при облучении светом синего светодиода ($\lambda_{возб} = 450$ нм).

Удельная поверхность порошков иттрий-алюминиевого граната в значительной степени зависит от вида горючего и температуры обжига (таблица).

**Удельная поверхность порошков и средние размеры частиц $Y_3Al_5O_{12}:Ce$,
полученных при синтезе в сахарозе и уксусной кислоте**

$T, ^\circ C$	$S_{уд}, \text{ синтез в сахарозе, м}^2/\text{г}$	$d, \text{ нм}$	$S_{уд}, \text{ синтез в уксусной кислоте, м}^2/\text{г}$	$d, \text{ нм}$
200	0,6	2210	<1	1326
700	1,1	1205	96,0	14
900	17,0	78	39,0	34
1000	31,0	43	13,0	102

Окончание табл.

$T, ^\circ\text{C}$	$S_{\text{уд}}$, синтез в сахарозе, $\text{м}^2/\text{г}$	d , нм	$S_{\text{уд}}$, синтез в уксусной кислоте, $\text{м}^2/\text{г}$	d , нм
1100	8,7	152	4,6	288
1200	10,0	133	2,8	474

Максимальная удельная поверхность порошков, полученных термохимическим методом в сахарозе, экспоненциально увеличивается с ростом температуры обжига, что связано с удалением с поверхности агломератов адсорбированных слоев воды, гидроксидов и продуктов пиролиза, и достигает максимума при температуре около $1000\text{ }^\circ\text{C}$ ($31\text{ м}^2/\text{г}$). Дальнейшее повышение температуры приводит к снижению удельной поверхности, что связано с формированием кристаллической решетки, ростом нанокристаллов и упорядочиванием их структуры ($10,0$ при $1200\text{ }^\circ\text{C}$). Удельная поверхность порошков, получаемых горением в уксусной кислоте, наибольшая при температуре прокаливания $700\text{ }^\circ\text{C}$ ($96\text{ м}^2/\text{г}$), далее начинает снижаться, а при температуре $1200\text{ }^\circ\text{C}$ демонстрирует наименьшее значение ($2,8\text{ м}^2/\text{г}$), что свидетельствует о более упорядоченной структуре и формировании плотных микрокристаллических порошков.

С использованием методов СЭМ была изучена морфология порошков $\text{YAG}:\text{Ce}^{3+}$ и определены средние размеры агломератов (рис. 1). Размеры агломератов составляют от 20 до 200 мкм , причем в случае проведения процесса при синтезе в сахарозе агломераты представляют собой слабосвязанные образования (кружева), в отличие от малопористых более плотных агломератов, формируемых при синтезе в уксусной кислоте.

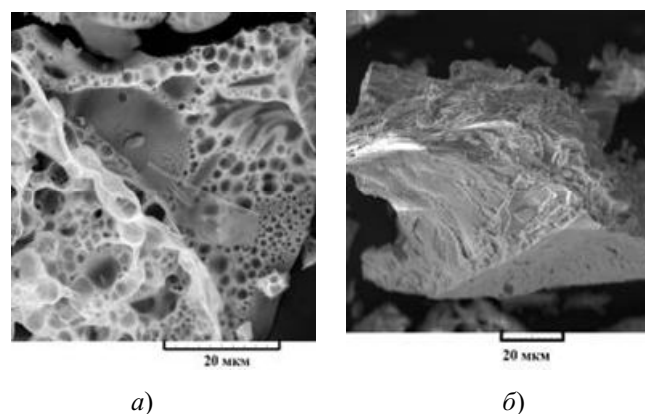


Рис. 1. СЭМ-изображение частиц $\text{YAG}:\text{Ce}$, полученных:
 а – с использованием сахарозы; б – уксусной кислоты
 в качестве горючего при $T_{\text{обжига}} = 1100\text{ }^\circ\text{C}$

При анализе ИК-спектров порошков, полученных термохимическим методом в сахарозе и уксусной кислоте, установлено (рис. 2), что содержание остаточных гидроксильных групп в порошке $\text{YAG}:\text{Ce}$ составляет от $0,01$ до $0,06\text{ мас. \%}$ в зависимости от температуры термообработки. Для сравнения, на графике приведены данные по содержанию гидроксильных групп в порошках, полученных путем синтеза в смеси карбамида и ГМТА [2].

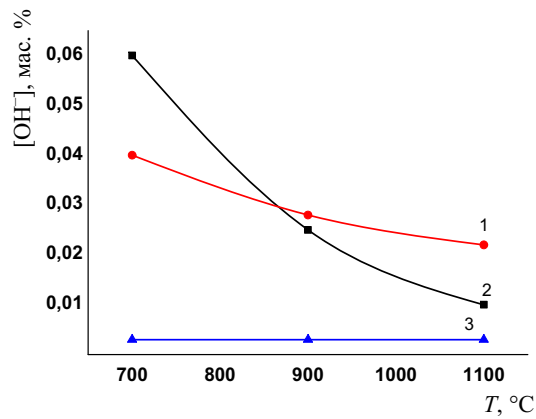
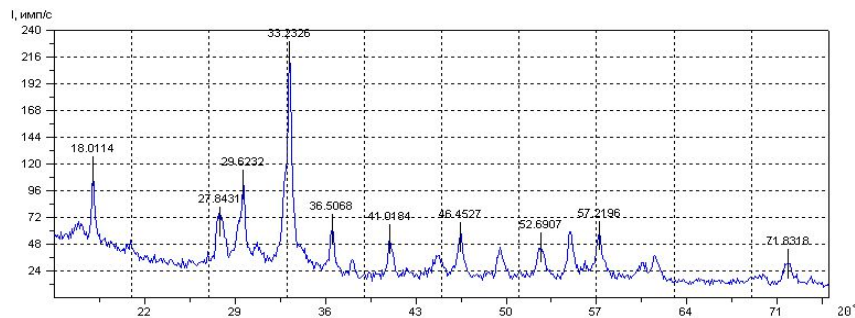
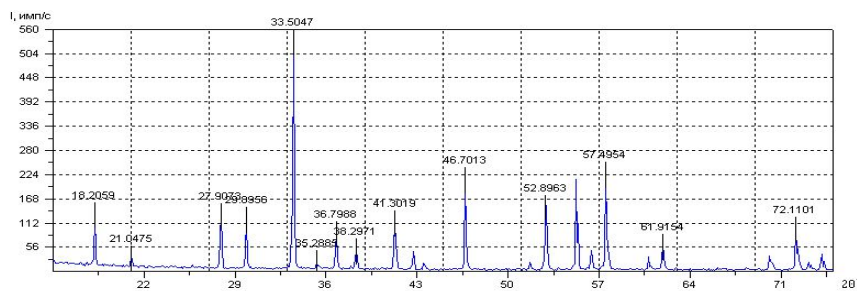


Рис. 2. Зависимость содержания гидроксильных групп в порошке YAG:Ce от температуры обжига:
 1 – синтез в сахарозе; 2 – синтез в уксусной кислоте;
 3 – синтез в смеси карбамида и ГМТА

Данные РФА подтверждают, что в процессе обжига прекурсоров, полученных горением в уксусной кислоте (рис. 3), кристаллическая фаза – $Y_3Al_5O_{12}$, начинает формироваться при 700 °C, а при 900 °C образуются кристаллы иттрий-алюминиевого граната.



а)



б)

Рис. 3. Дифрактограмма порошка YAG:Ce, получаемого методом горения в уксусной кислоте и прокаленного на воздухе при температурах:
 а – 700 °C; б – 900 °C (1 ч)

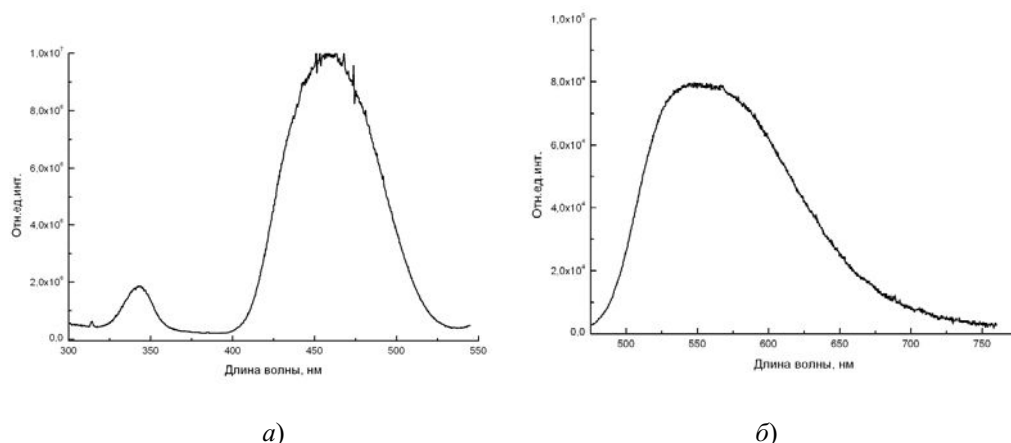


Рис. 4. Спектры возбуждения люминесценции (а) и люминесценции (б) порошков YAG:Ce, полученных методом горения в смеси азотнокислых солей и сахарозы и прокаленных на воздухе при температуре 1100 °С

Порошки на основе YAG:Ce³⁺ синтезированные методом горения в сахарозе и уксусной кислоте, при возбуждении синим светом ($\lambda = 460$ нм) люминесцируют идентичным образом в диапазоне 470–720 нм (спектр белого излучателя) с максимумом на 520–550 нм (рис. 4), однако интенсивность их люминесценции зависит от метода получения и условий термообработки.

Литература

1. Li, J. G. Co-precipitation synthesis and sintering of yttrium aluminum garnet (YAG) powders: the effect of precipitant / J. G. Li, T. Ikegami, J. H. Lee // J. Euro. Ceram. Soc. – 2000. – Vol. 20. – P. 2395–2405.
2. Способ получения наноструктурированного порошка иттрий-алюминиевого граната, легированного церием. Положительное решение (от 19.02.2018) по заявке на изобретение Респ. Беларусь, № а 20160193 ; заявл. 30.05.2016 / О. В. Давыдова, Н. Е. Дробышевская, Е. Н. Подденежный, А. А. Бойко ; заявитель УО «ГГТУ им. П. О. Сухого».

ЭФФЕКТИВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПРОДУКЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ ВТОРИЧНЫХ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ

А. А. Лиора

Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск

Научный руководитель К. Л. Сергеев

Для улучшения качества обработки деталей машин, санитарно-гигиенических условий труда рабочих и защиты окружающей среды следует применять новые эффективные смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ). Поскольку главным направлением ресурсосбережения является переход на безотходное и малоотходное производство, то совершенствование новых составов СОЖ является перспективной задачей для экономии значительного количества дефицитного сырья и материалов.

Ассортимент производимых СОЖ в Республике Беларусь быстро расширяется и в последние годы существенно изменился. Это объясняется появлением множества небольших предприятий, занимающихся малотоннажным производством СОЖ,

а также в узком ориентировании на конкретные технологические операции и материалы заготовок. В результате расширилась номенклатура и усложнился химический состав выпускаемых СОЖ, увеличилась стоимость как самих СОЖ, так и технологии их приготовления. В итоге проводить закупки СОЖ за пределами страны экономически нецелесообразно и не выгодно для белорусских потребителей.

Одним из важнейших направлений ресурсосберегающей деятельности является разработка и создание новых технологических процессов производства продукции технического назначения из вторичных сырьевых ресурсов, в частности в масложировой отрасли.

В начале XX в. растительные масла широко применялись для смазывания узлов трения машин, двигателей внутреннего сгорания и режущего инструмента. Позднее они были заменены более дешевыми нефтяными маслами, однако накопление их в атмосфере, почве, водах может привести к глобальной экологической катастрофе, так как биоразлагаемость нефтепродуктов составляет около 30 %. Данные СОЖ потребляются машиностроительными предприятиями в больших количествах, что приводит к большим расходам природных ресурсов и к образованию значительных количеств нефтесодержащих отходов. Кроме этого, нефтяные масла токсичны, взрывоопасны и негативно влияют на здоровье человека. Решение данной проблемы состоит в уменьшении либо полностью исключении данных компонентов.

Известно [1], [2], что при переработке семян масличных культур и производстве растительного масла, маргаринового продукта и майонеза образуется огромное количество отходов, и вследствие этого одной из нерешенных проблем является рациональное использование жировых отходов, таких как соапстоки растительных масел, масленичный фуз, первичные жировые гудроны; смесь различных отходов.

Установлено [3], что СОЖ, содержащие в своем составе растительные масла (рапсовое, льняное, подсолнечное и др.), жиры или их отходы, наносят минимальный ущерб человеку и окружающей среде и имеют 100%-ю биоразлагаемость и ежегодную воспроизводимость. Одним из исследуемых составов является СОТС ТУ 100185315.001–2012, представляющая собой отходы масложировой промышленности, щелочной агент, триэтаноламиновое мыло олеиновой кислоты, силиконовую жидкость и воду.

В качестве отходов масложировой промышленности используют соапстоки растительных масел, масленичный фуз, первичные жировые гудроны; смесь различных отходов. Жировой гудрон является кубовым остатком дистилляции жирных кислот из продукта гидролиза растительных масел. Гудрон состоит из смеси предельных и непредельных жирных и оксигирных кислот ряда $C_{10}-C_{24}$, а также содержит их сложные эфиры. Жировые гудроны обладают хорошими смазывающими и ингибирующими свойствами по отношению к металлам [4]. Соапстоками являются побочные продукты, получаемые при щелочной нейтрализации растительных масел и жиров. Их основу, помимо воды (в среднем от 35 до 78 %), составляют мыла (в среднем от 7 до 13 %) и липиды (в среднем от 7 до 56 %). Фузы представляют собой хлопьевидный осадок, образующийся при хранении сырых (нерафинированных) растительных масел в резервуарах или отделяющийся в фильтрпрессах и центрифугах при первичной очистке масла, содержащий 65–85 % жира, остальное приходится на различные примеси: обрывки растительных клеток, белковые, смолистые и слизистые вещества, воду и др.

Целесообразность перехода вместо нефтяной основы СОЖ на продукцию из вторичных сырьевых ресурсов очевидна: химический синтез на базе натурального сырья позволяет получать многофункциональные присадки, обеспечивающие не

только хорошие экологические свойства СОЖ, но и улучшающие технологические показатели при механической обработке.

В работе проведено экспериментальное исследование состава СОЖ на основе продукции из вторичных сырьевых ресурсов на производительность обработки и качество обрабатываемых поверхностей при обработке металлов резанием.

Выходными показателями эффективности обработки являлись: а) достигаемая шероховатость поверхности деталей, Ra_f , мкм; уменьшение шероховатости оценивали по отношению Ra_f/Ra_o , где Ra_f – шероховатость после обработки; б) величина удельного съема материала, $\Delta G_{уд}$, г/см² · мин. Величину удельного съема определяли как разность масс образцов до и после обработки. Образцы взвешивали на лабораторных весах ВК-1500. Шероховатость обработанной поверхности по параметру Ra определяли с помощью профилометра Mitutoyo Surftest SJ-201 (Япония).

В статье [5] в ходе экспериментов наилучшие результаты по определению качества обрабатываемой поверхности показали: масляная СОЖ – МР-99, 5%-я эмульсия ЭТ-2 и синтетическая СОЖ – Аквол-10. По результатам ранее проведенных экспериментальных исследований данные виды технологических сред уже совместно с исследуемым составом СОЖ на основе продукции из вторичных сырьевых ресурсов применялись для определения производительности обработки.

С предлагаемым составом СОЖ осуществляли процесс диспергирования с помощью ультразвукового диспергатора погружного типа по методике [6], аналогичной описанной ранее. Средний размер масляных капель, которые составляли приблизительно 1,5 мкм после ультразвукового диспергирования, определяли с помощью компьютерного микроскопа и программного комплекса обработки и анализа изображений.

Оценка производительности обработки и качества обрабатываемой поверхности опытно-исследуемых СОЖ проводилась при чистовой обработке наружных поверхностей образцов цилиндрической формы из стали 45 (ГОСТ 1050–88). Исходная шероховатость поверхности образцов составляла в среднем $Ra_o \approx 5$ мкм. Эксперименты проводились на токарно-винторезном станке 16К20. Режимы обработки: глубина резания 0,5 мм, подача 0,09 мм/об., скорость резания 80 м/мин, время обработки 80 с, частота вращения шпинделя 630 мин⁻¹.

Для лучшего восприятия различий результаты представлены в виде таблицы.

Сравнительные показатели производительности обработки $\Delta G_{уд}$ и шероховатости поверхности Ra при использовании различных видов рабочих сред

Вид СОЖ	$\Delta G_{уд}$, г/см ² · мин	Ra_f/Ra_o
Исследуемый состав СОЖ	4,59	0,57
ЭТ-2	4,17	0,61
МР-99	4,37	0,60
Аквол-10	5,06	0,64

По результатам проведенных экспериментальных исследований при точении образцов из стали 45 при испытаниях различных видов СОЖ было установлено, что исследуемый состав СОЖ на основе продукции из вторичных сырьевых ресурсов позволяет получить результаты, которые не уступают показателям уже существующим СОЖ, которые широко применяются при различных операциях лезвийной обработки деталей машиностроительного профиля.

Исследуемый состав СОЖ, применяющийся для лезвийной обработки деталей машин, характеризуется доступностью исходных материалов, простотой изготовления и эффективностью использования. Использование растительных масел, жиров, а также отходов и побочных продуктов их переработки возможно не только в металлообработке, а также при производстве многих присадок и топлив [7].

Таким образом, повышение качества обрабатываемой поверхности и производительности обработки существенно зависит от подбора технологических сред, что следует учитывать при соответствующем выборе режимов и параметров обработки металлов резанием.

Литература

1. Стопский, В. С. Химия жиров и продуктов переработки жирового сырья / В. С. Стопский, В. В. Ключкин, Н. В. Андреев. – М. : Колос, 1992. – 286 с.
2. Паронян, В. Х. Технология и организация производства жиров и жирозаменителей / В. Х. Паронян. – М. : ДеЛи, 2007. – 511 с.
3. Матвеевский, Р. М. Повышение экологической чистоты смазочных масел / Р. М. Матвеевский // Трение и износ. – 1994. – Т. 15, № 5. – С. 843–848.
4. Арутюнян, Н. С. Технология переработки жиров / Н. С. Арутюнян, Е. А. Аришева, Л. И. Янова. – М. : Агропромиздат, 1985. – 368 с.
5. Сергеев, К. Л. Влияние различных технологических сред на качество обрабатываемой поверхности / К. Л. Сергеев [и др.] // Сб. материалов науч.-практ. конф. студентов и магистрантов «Техсервис–2017» / Белорус. гос. аграр. техн. ун-т ; редкол.: А. В. Миранович [и др.]. – Минск, 2017. – С. 175–178.
6. Толочко, Н. К. Влияние дисперсности эмульсионной смазочно-охлаждающей жидкости на эффективность магнитно-абразивной обработки / Н. К. Толочко, К. Л. Сергеев // Технология машиностроения. – 2014. – № 10. – С. 31–35.
7. Ермолаева, Н. В. Разработка автоматизированной системы управления химическим составом циркулирующей масляной СОЖ с целью повышения экологичности и безопасности технологического процесса : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06 / Н. В. Ермолаева. – М., 2011. – 113 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ПРОГНОЗНОЙ ОБРЫВНОСТИ МЕТАЛЛОКОРДА

Ю. В. Мартьянов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Ю. Л. Бобарикин

Показатель обрывности металлокорда является основным фактором, сдерживающим рост производительности при производстве металлокорда. Прогнозирование моделируемых процессов или объектов является хорошим предикативным методом оценки. Прогнозирование возможно путем представления некоторого процесса в виде функции. При этом в модель вводятся постоянные, описывающие специфику поведения процесса. Коэффициенты характеризуют непосредственно процесс без уточнения физического смысла [1].

Цель: разработать метод определения величины прогнозной обрывности металлокорда.

В исследованиях используется метод обработки опытных данных промышленного производства.

Для математического описания вероятности возникновения обрыва проволоки в процессе свивки необходимо установить взаимное влияние комплекса механических свойств проволоки, условий свивки и других факторов. Установлено, что из

всего комплекса механических свойств именно пластические свойства оказывают существенное влияние на обрывность металлокорда.

Известно, что чем выше значение модуля упругости проволоки, тем больше обрывов при ее свивке и хуже технологичность производства металлокорда. Причиной этому являются остаточные напряжения, которые при высоком модуле упругости возрастают интенсивнее в деформированном металле. Тогда достижение предела текучести деформируемого металла происходит при меньшей степени упругой деформации. Вероятность обрыва увеличивается с ростом модуля упругости, и эта связь имеет прямо пропорциональный характер при равенстве остальных механических свойств.

Известно, что пластические свойства тонкой проволоки можно оценивать по произведению σ_b и δ . Объяснением этому служит изменение величины площади фигуры под линией, описывающей соотношение «напряжение–деформация». Тогда чем выше относительное удлинение при неизменном пределе прочности, площадь фигуры будет увеличиваться. Физический смысл этого явления заключается в том, что площадь фигуры под линией, описывающей соотношение «напряжение–деформация», является работой, необходимой для деформирования проволоки до разрушения.

Увеличение упругих свойств тонкой проволоки приводит к увеличению ее обрывов при свивке. Увеличение пластических свойств, выраженных произведением σ_b и δ , приводит к снижению обрывов.

Принципиальная диаграмма растяжения металла для оценки энергии деформирования представлена на рис. 1.

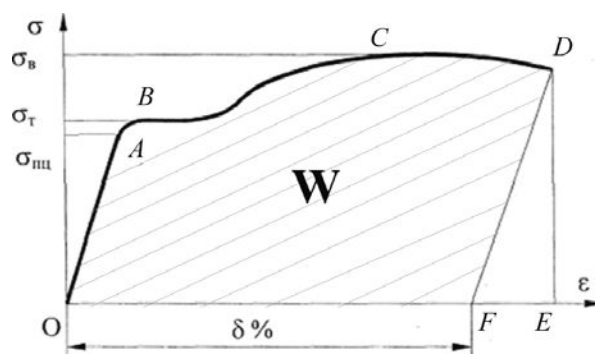


Рис. 1. Принципиальная диаграмма растяжения металла

Принципиальный подход к определению относительной обрывности металлокорда можно описать формулой

$$B = \frac{E}{\sigma_b \delta}, \quad (1)$$

где B — относительная обрывность металлокорда, обр./т; E — модуль упругости Юнга, Па; σ_b — предел прочности, Па; δ — относительное удлинение при растяжении, %.

В процессе свивки в металлокорд в проволоке происходит накопление деформации. Величина накопленной деформации свиваемой проволоки $\epsilon_{св}$ будет зависеть от диаметра проволоки, конструкции металлокорда и условий свивки металлокорда на канатной машине. При этом $\epsilon_{св}$ не должна превышать величину δ , характеризующую максимально допустимую величину деформации проволоки при свивке.

Тогда чем больше отношение $\varepsilon_{св}$ к δ , тем меньше в проволоке запаса пластических свойств и выше вероятность возникновения обрыва проволоки при свивке в металлокорд. При отношении $\varepsilon_{св} / \delta = 1$ происходит обрыв со 100%-й вероятностью.

Для корректировки математической зависимости необходимо корректировать ее с помощью различных коэффициентов. Тогда формула для оценки прогнозной величины обрывности принимает вид:

$$B = \frac{E\varepsilon_{св}}{\sigma_{в}\delta} \cdot \frac{K_c K_v K_{констр}}{K_N}, \quad (2)$$

где K_c – коэффициент, учитывающий содержание углерода в стали; K_v – коэффициент, учитывающий скорость волочения; $K_{констр}$ – коэффициент, учитывающий конструкцию металлокорда; K_N – коэффициент, учитывающий объем выпуска металлокорда.

Механические свойства тонкой проволоки, необходимые для расчетов, представлены в табл. 1. Коэффициенты для расчета прогнозной обрывности металлокорда представлены в табл. 2.

Таблица 1

Механические свойства тонкой проволоки

Металлокорд	Параметры тонкой проволоки			
	Модуль упругости Юнга, (E) МПа	Временное сопротивление при разрыве, (σ_v) МПа	Относительное удлинение при растяжении, (δ) %	Деформация свивки, ($\varepsilon_{св}$) %
2x0,30 НТ	205700	3235,57	2,27	2,19
2+1x0,30 НТ	205700	3235,57	2,27	2,13
2+2x0,30 SHT	202600	3376,13	2,64	2,53
3+2x0,35UT	190320	3725,33	2,54	1,97
4+3x0,35UT	190320	3725,33	2,54	2,14

Таблица 2

Коэффициенты для расчета прогнозной обрывности металлокорда

Металлокорд	Коэффициенты			
	K_c	K_v	$K_{констр}$	K_n
2x0,30 НТ	1	0,34e ^{0,21V}	1,3	4logN
2+2x0,30 SHT	1		1,4	
3+2x0,35UT	2		2,25	
4+3x0,35UT	2		3,7	

Относительная погрешность расчетной величины в сравнении с реальным уровнем обрывности составляет не более 16 %.

В результате исследований процессов свивки и тонкого волочения высокоуглеродистой проволоки установлена взаимосвязь между обрывностью тонкой проволоки в процессе свивки и ее механическими свойствами, формируемыми в процессе тонкого волочения.

Получена эмпирическая зависимость обрывности проволоки при свивке металлокорда. Она учитывает влияние механических свойств высокоуглеродистой проволоки: модуля упругости Юнга E , предела прочности на разрыв σ_b , относительного удлинения при растяжении δ , деформации свивки $\varepsilon_{св}$, а также конструкции металлокорда $K_{констр}$, марки стали K_c , объема выпуска металлокорда K_N .

Модель позволяет прогнозировать уровень обрывности проволоки при изменении ее механических свойств в условиях процесса тонкого волочения.

Литература

1. Определение причин обрывности металлокорда при свивке : отчет о НИР / Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; рук. Ю. Л. Бобарикин. – Гомель, 2016. – 51 с. – № ГР 20141914.

ВЛИЯНИЕ НАТЯЖЕНИЯ МЕТАЛЛОКОРДА ПРИ СВИВКЕ НА ЕГО ПРЯМОЛИНЕЙНОСТЬ

Ю. В. Мартьянов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Для снижения отклонения от прямолинейности металлокорда используются различные устройства и технологические приемы. Варьирование технологических параметров является наиболее оптимальным решением, потому что не требует дополнительного внедрения дополнительных устройств.

Цель: определить влияние натяжения металлокорда перед намотом на прямолинейность металлокорда.

Используемый метод: численное моделирование процесса изгиба металлокорда на ролике с различным натяжением.

Для анализа влияния натяжения металлокорда на его прямолинейность были выбраны условия свивки металлокорда на канатной машине типа «изнутри-наружу» (TD) с использованием деформирующего ролика (РОД). Варьируемым параметром является натяжение металлокорда перед приемной катушкой. Дискретность параметра составляет 1 Н и находится в пределах от 10 до 20 Н.

Результаты получены при помощи численного моделирования методом конечных элементов.

В численной модели фрагмент (один шаг $t = 14$ мм) металлокорда изгибается на деформирующем ролике (РОД) диаметром 45 мм. На металлокорд приложена растягивающая нагрузка, имитирующая натяжение в направлении $+/-Z$. Изгиб осуществляется до тех пор, пока весь шаг металлокорда не будет находиться в контакте с деформирующим роликом. Согласно предложенному критерию S_g производится оценка эффективного напряжения σ и перемещения в осевом направлении приложения натяжения, т. е. в направлении $+Z$ [1].

Результаты моделирования на примере варианта модели с натяжением 10 Н представлены на рис. 1.

Аналогичные результаты были получены для остальных точек модели для натяжений от 10 до 20 Н. Для каждой точки был вычислен критерий S_g для качественной оценки отклонения от прямолинейности. Результаты представлены в виде графика на рис. 2.

Согласно моделированию изменение перемещения точек контакта происходит неявно и нелинейно с увеличением натяжения от 10 до 20 Н.

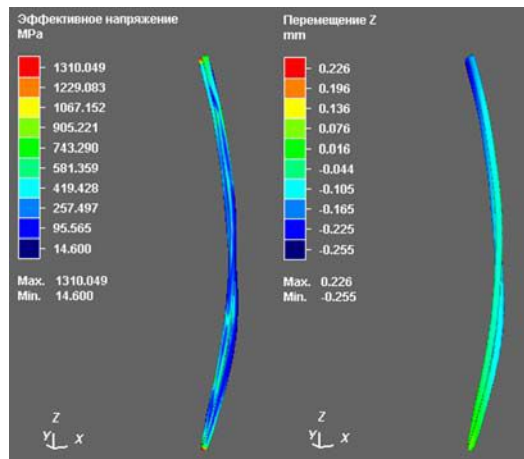


Рис. 1. Результаты моделирования изгиба металлокорда на ролике диаметром 45 мм с натяжением 10 Н

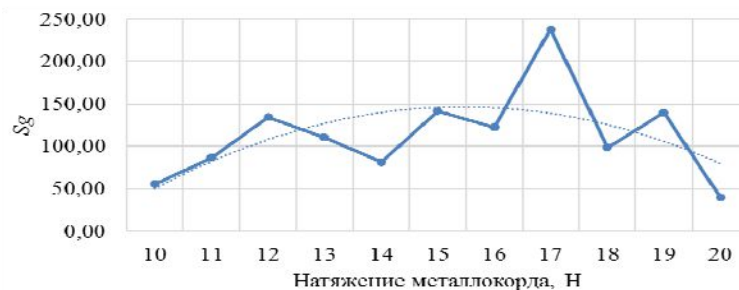


Рис. 2. Зависимость критерия S_g

В ходе исследований было определено, что влияние натяжения на прямолинейность имеет нелинейный характер. Нелинейность поведения критерия S_g в зависимости от изменения величины натяжения объясняется влиянием конструкции металлокорда на осевой сдвиг (перемещение Z). Натяжение может являться одним из оптимизационных параметров для повышения прямолинейности металлокорда. Использование малого натяжения не рекомендуется по причине возможного расплетения металлокорда и потери плотности свивки. Для металлокорда $2 \times 0,25UT$ при использовании РОД диаметром 45 мм использование натяжения 17 Н повышает S_g , что негативно сказывается на прямолинейности металлокорда ($S_g \rightarrow \min$).

Литература

1. Мартянов, Ю. В. Моделирование изгиба металлокорда перед намотом в деформирующих устройствах / Ю. В. Мартянов // Исследования и разработки в области машиностроения, энерге-

тики, управления : материалы XVII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 27–28 апр. 2017 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2017. – С. 93–96.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ДИФфуЗИОННО-ЛЕГИРОВАННЫМИ ПОРОШКАМИ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

А. С. Матвеенков

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Г. В. Петришин

Целью данной работы является исследование технологических свойств диффузионно-легированных порошков в магнитно-абразивной обработке. Магнитно-абразивная обработка (МАО) – один из нестандартных методов обработки, в котором сила резания контролируется магнитным полем, а магнитный абразив выполняет роль режущего инструмента. Этот метод позволяет получить высокое качество обработанной поверхности при припуске в несколько микрон как на плоских поверхностях, так и на наружных и внутренних поверхностях цилиндрических деталей [1], [2]. В данном исследовании применяется абразив, состоящий из диффузионно-легированного железного порошка и ПЖРВ фракции 25–50 мкм [3].

Для проведения исследования была спроектирована специальная экспериментальная установка, позволяющая производить замеры таких величин, как плотность магнитного поля, частота вращения заготовки и зазор между полюсами и заготовкой. Магнитный абразив помещается между магнитом и обрабатываемой заготовкой. Магнитное поле создается двумя электромагнитами, полюса которых повернуты на 180° относительно друг друга. Плотность магнитного поля регулировалось изменением величины подаваемого на обмотки электромагнитов напряжения. Зазор между полюсами и заготовкой может меняться в зависимости от толщины обрабатываемой заготовки.

Наружная поверхность из стали 40Х была очищена ацетоном до и после обработки. Обрабатываемые качества магнитно-абразивной смеси анализировались путем измерения шероховатости поверхности (Ra). По результатам измерений рассчитывалось процентное улучшение качества поверхности (ΔRa , %). Данный показатель рассчитывался как отношение между ($\Delta Ra \times 100$) и изначальной шероховатостью поверхности, где ΔRa – это разница между величиной шероховатости Ra до и после МАО.

В процессе проведения эксперимента такие параметры, как зазор между полюсом и деталью, а также процентное содержание бориды железа и металла в смеси оставались постоянными. Некоторые параметры, такие как объем используемого магнитного абразива, скорость вращения обрабатываемой детали, плотность магнитного поля и время обработки, изменялись, после чего исследовалось процентное улучшение качества поверхности.

На рис. 1 показаны результаты опыта, в котором изменялся объем применяемого абразива от 5 до 20 г. Скорость вращения заготовки составляла 800 об./мин. Плотность магнитного поля равнялась 0,5 тесла, а обработка велась на протяжении часа. Когда объем смеси увеличивался от 5 до 10 г, ΔRa увеличивалась, затем немного уменьшалась при увеличении объема смеси от 10 до 20 г. Слишком большое количество магнитно-абразивной смеси приводит к ее чрезмерному перемешиванию, и излишки смеси отрываются от некоторого критического объема и ухудшают качество обработки поверхности.



Рис. 1. Зависимость ΔRa от объема применяемого магнитного абразива

В опыте с изменением частоты вращения заготовки, результаты которого показаны на рис. 2, частота вращения изменялась в пределах от 400 до 1000 об./мин. Объем использованной магнитно-абразивной смеси составил 10 г. Время обработки – 60 мин, а плотность магнитного поля равнялась 0,5 тесла. При слишком высокой скорости вращения возникают излишние центробежные силы, выбрасывающие частицы абразива из зоны резания, снижая качество обработанной поверхности.



Рис. 2. Зависимость ΔRa от частоты вращения заготовки

Для исследования влияния плотности магнитного поля его величина изменялась в пределах от 0,3 до 0,7 тесла. Остальные параметры: объем использованного магнитного абразива – 10 г, частота вращения заготовки – 800 об./мин а время обработки составляло 60 мин. Результаты опыта показаны на рис. 3. При определенном зазоре с увеличением плотности магнитного поля наблюдается увеличение и ΔRa . Высокая плотность магнитного поля увеличивает силу резания абразивными частицами, что позволяет получить более тонкую обработку поверхности.

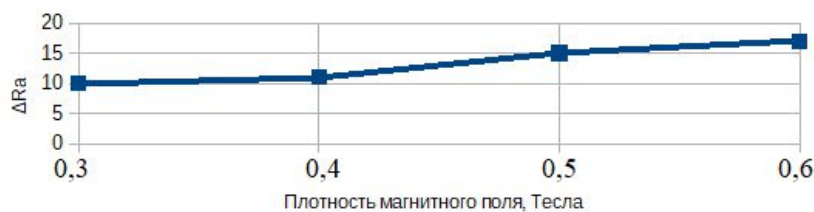


Рис. 3. Зависимость ΔRa от плотности магнитного поля

В данном опыте использовалось 10 г магнитного абразива. Частота вращения заготовки – 800 об./мин а плотность магнитного поля составляла 0,5 тесла. Опыт проводился при четырех разных величинах продолжительности обработки – 20, 40, 60 и 80 мин.

На рис. 4 отображено влияние времени МАО на ΔRa . Из рисунка видно, что увеличение ΔRa происходит при увеличении времени обработки до 60 мин, дальнейшее увеличение времени обработки не приводит к увеличению ΔRa .

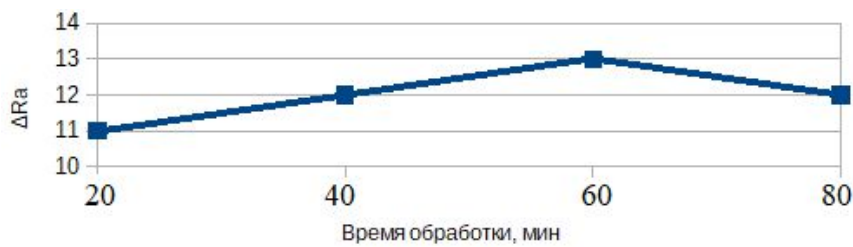


Рис. 4. Влияние времени обработки на ΔRa

В начале опыта режущие грани частиц абразива острые и убирают большую часть неровностей, в результате увеличивая показатель ΔRa . С увеличением времени обработки увеличивается и объем снимаемого с детали материала. Также плотность абразивных частиц уменьшается из-за наличия снятого материала в абразивной смеси. Если необходима более тонкая обработка поверхности, процесс должен быть остановлен и заменена магнитно-абразивная смесь или должен присутствовать механизм очистки магнитно-абразивной смеси.

Заключение. Слишком большое количество магнитно-абразивной смеси приводит к ее чрезмерному перемешиванию, и излишки смеси отрываются от некоторого критического объема и ухудшают качество обработки поверхности.

При слишком высокой скорости вращения возникают излишние центробежные силы, выбрасывающие частицы абразива из зоны резания, снижая качество обработанной поверхности.

При определенном зазоре с увеличением плотности магнитного поля наблюдается увеличение и ΔRa . Высокая плотность магнитного поля увеличивает силу резания абразивными частицами, что позволяет получить более тонкую обработку поверхности.

Результаты исследований согласуются с исследованиями, проведенными для МАО закаленной стали и спеченных материалов на основе никеля [4]. С увеличением времени обработки увеличивается и объем снимаемого с детали материала. Также плотность абразивных частиц уменьшается из-за наличия снятого материала в абразивной смеси. Если необходима более тонкая обработка поверхности, процесс должен быть остановлен и заменена магнитно-абразивная смесь или должен присутствовать механизм очистки магнитно-абразивной смеси.

Литература

1. Jayakumar, P. Semi Magnetic Abrasive Machining / P. Jayakumar // 4th International Conference on Mechanical Engineering, December 26–28, 2001, Dhaka, Bangladesh. – Section V. – P. 81–85 (Conference proceedings).
2. Vahdati, M. Micromachining of Aluminium Pipes using Magnetic Abrasive Finishing / M. Vahdati, N. Vahdati // J. Vac. Sci. Technol. B 27(3), May/June 2009. – P. 1503–1505.
3. Ферромагнитный абразивный материал : пат. 16981 С1 Респ. Беларусь, МПК С 09К 3/14, В 24Д 3/34, С 23С 8/68 ; заявитель Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – № u 20101910 ; заявл. 2010.12.29 ; опубл. 2013.04.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 2 (91). – С. 104–105.
4. Новые диффузионно-борированные материалы для магнитно-абразивной обработки / Ф. И. Пантелеенко [и др.] // Перспектив. материалы и технологии. – 2017. – Т. 2. – С. 241–254.

ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОЙ СТРУКТУРЫ ДВУХФАЗНЫХ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

О. В. Огорокова

*ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»,
Металлургический институт, Российская Федерация*

Научный руководитель И. А. Цыганов

Титановые сплавы востребованы в авиации, космонавтике, кораблестроении, так как они обладают малой плотностью, высокой удельной прочностью, отличной коррозионной стойкостью. Получение ультрамелкозернистой структуры помогает повысить механические свойства, а именно добиться высоких значений статической и циклической прочности, износостойкости, что впоследствии позволит уменьшить габариты конструкций [1]. Структура с величиной зерна менее 1 мкм дает технологические преимущества при формовке, сверхпластической штамповке. Низкотемпературная сверхпластичность характеризуется сохранением ультрамелкозернистой структуры (УМЗ).

Многочисленные исследования и опыт эксплуатации авиакосмических конструкций показал, что сплавы с $(\beta + \alpha)$ -структурой обеспечивают лучшее сочетание прочностных и пластических характеристик, высокий ресурс надежности. Легирование и дисперсионное упрочнение α - и β -фаз после термической обработки – закалки и старения – повышают уровень механических свойств [2].

Содержание 50 % α -фазы и 50 % β -фазы обеспечивает максимальный предел прочности, что связано с гетерогенным характером микроструктуры. После закалки и старения в структуре образуется достаточное количество упрочняющих фаз, причем их состав приближен к критическому. Благодаря термоупрочняющей обработке можно достичь прочности порядка 2 000 МПа, но при этом произойдет ухудшение пластичности. Эта проблема является основной при получении высокопрочного сплава. Поэтому разработка способов производства сплавов с УМЗ структурой с высокими механическими свойствами в результате проведения интенсивной пластической деформации является серьезной задачей.

Добиться измельчения структуры возможно, применив большие степени деформации при пониженных температурах $T < (0,3-0,4) \cdot T_{пл}$, но для этого необходимо специальное оборудование [3]. Такие параметры, как степень, способ, скорость, температура деформации, являются основными при трансформации структуры.

Целью исследования является:

1. Изучение кинетики и механизмов формирования структуры двухфазных титановых сплавов при больших степенях деформации в широком интервале температур и рекомендация режима деформационной обработки, позволяющая получить фрагментированную структуру.

2. Установление закономерности влияния температуры и степени деформации на механизмы структурных изменений при $T < 0,5 T_{пл}$ и определить условия получения УМЗ структуры.

Методика исследований. В качестве материала для исследований использовались листы титанового сплава ВТ6, изготовленные из прутков по ГОСТ1 90173–75. Химический состав сплава (вес. %) следующий: Al \approx 6,05; V \approx 4,0; Zr \approx 0,17; Si \approx 0,09; Fe \approx 0,26; C \approx 0,07; O₂ \approx 0,15; N₂ \approx 0,01; H₂ \approx 0,01.

Заготовки $\varnothing 40 \times 60$ мм с мартенситной структурой получены в результате закалки (1150°C) с последующим охлаждением в воде. Далее проводили всестороннюю деформацию на гидравлическом прессе DEVR400 в изотермических условиях в интервале $500\text{--}700^\circ\text{C}$, степень деформации составляет: $e = 12$.

Для определения влияния температуры и деформации на характер структурных изменений в сплаве из листов вырезали образцы размером $1 \times 10 \times 10$ мм. Исследование микроструктуры проводили методами световой микроскопии и количественного металлографического анализа на микроскопе *Axio Observer D1m*. Размер зерна определяли методом случайных секущих с помощью компьютерной программы *Axio Vision Red 4.8*. Подготовка образцов для анализа структуры включала предварительную шлифовку с применением шлифовальной бумаги и электрохимическую полировку в электролите состава: хлорная кислота – 60 мл, *n*-бутиловый спирт – 350 мл, метиловый спирт – 600 мл. Напряжение полировки 29,5 В, температура электролита $-35\text{--}-40^\circ\text{C}$.

Результаты. Выполнено исследование по определению кинетики пластинчатой структуры в интервале температур $T > (0,4\text{--}0,5) \cdot T_{\text{пл}}$ для сплава ВТ6. Температура полиморфного превращения 995°C . Метод всесторонней изотермической деформации (ВИД), представляющий собой операции осадки и протяжки с изменением оси деформации, применяется для получения глобулярной УМЗ структуры. На рис. 1 показана схема обработки.

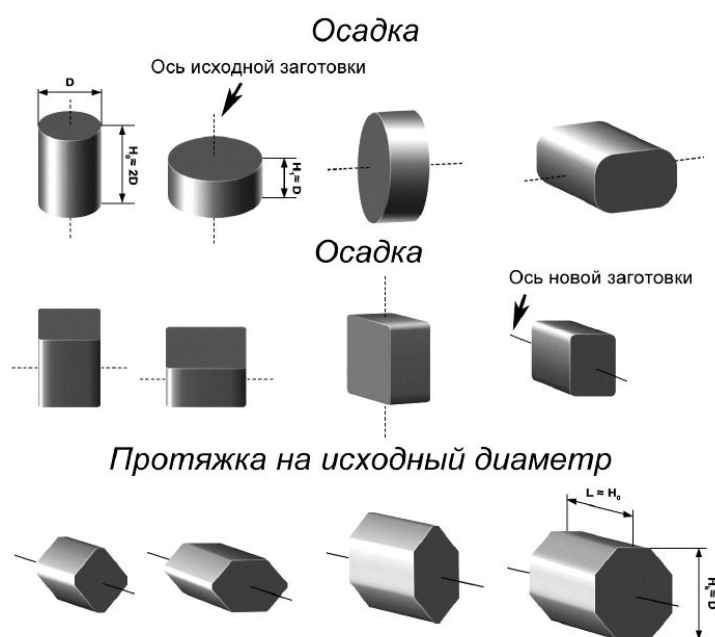


Рис. 1. Схема всесторонней изотермической деформации

Проведение контролируемого отжига между проходами ускоряет формирование УМЗ структуры. Исходное состояние – состояние после закалки, величина зерна около 2 мкм. Первую деформацию осуществляют при более высокой температуре (700°C) для формирования мелкозернистой структуры, затем температуру понижают на $100\text{--}50^\circ\text{C}$, степень деформации 93 %. Минимальная температура зависит от химического состава и требуемых характеристик. Получена заготовка размером $\varnothing 150 \times 200$ мм со структурой величиной 0,4 мкм (рис. 2) при температуре $700\text{--}750^\circ\text{C}$. Предел прочности составляет 1300 МПа.

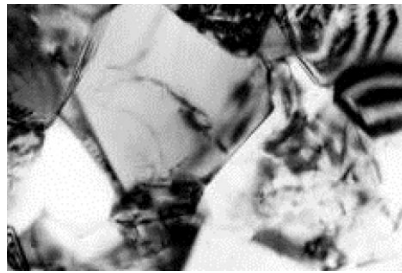


Рис. 2. Микроструктура сплава ВТ6 после ВИД при 700 °С

Всесторонняя изотермическая деформация приводит к росту прочностных характеристик на 20 % по сравнению с обычной обработкой. Снижение пластичности связано с плохой способностью титанового сплава к деформационному упрочнению. В таблице приведены данные по механическим свойствам.

Механические свойства титанового сплава ВТ6

Состояние	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %
УМЗ	1100	1400	8
МЗ	940	1200	11

После проведения данной обработки образцы подвергли листовой прокатке. При горячей пластической деформации важно задать правильную температуру нагрева, при которой не будет происходить роста зерен, приводящего к ухудшению свойств, а пластичность останется на таком же уровне. Для сплава ВТ6 нагрев выше 600 °С неприемлем вследствие протекания разупрочнения, уменьшения плотности дислокаций. Прокатка образцов осуществлялась на двухвалковом стане с подогревом валков. Степень обжатия за один проход составила 10 %, после каждого прохода подогревали. В итоге получили лист толщиной 1 мм, структурное состояние представлено зерном величиной 200 нм. Характеристики прочности и пластичности однородно распределены в перпендикулярных направлениях ($\sigma_B = 1350$ МПа; $\delta = 5$ %).

Заключение. Двухфазные сплавы отличаются хорошей кинетикой образования УМЗ структуры. Режимы деформационной обработки с использованием всесторонней изотермической деформации и последующей обработкой – винтовая, сортовая, листовая прокатка, ротационная ковка – обеспечат высокий уровень механических характеристик.

Превращение пластинчатой структуры в глобулярную при деформации и отжига при $T < 0,5 \cdot T_{пл}$ происходит благодаря делению пластин α -фазы с последующей сфероидизацией α -фазы.

Литература

1. Grain Boundary Films in Al–Zn Alloys after High Pressure Torsion / B. B. Straumal [et al.] // Scripta Materialia. – 2014. – P. 59–62.
2. Kawasaki, M. Review: Achieving Superplastic Properties in Ultrafine Grained Materials at High Temperatures / M. Kawasaki, T. G. Langdon // Journal of Materials Science. – 2016. – P. 19–32.
3. Эффективность применения метода интенсивной пластической деформации в технологическом процессе получения штамповок лопаток компрессора ГТД / В. В. Латыш [и др.] // Кузнечно-штамповоч. пр-во. – 2012. – С. 18–25.

**ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ГРАДИЕНТА СВОЙСТВ
НАУГЛЕРОЖЕННОГО СЛОЯ СТАЛИ 16CRMNS5
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ФИНИШНОЙ
ТЕРМООБРАБОТКИ**

Е. А. Парецкая, Е. П. Поздняков

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

А. В. Радионов

*ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин,
Республика Беларусь*

Научный руководитель И. Н. Степанкин

Введение. Особенности термохимической обработки легированных сталей, относящихся к цементуемым сплавам, отличаются проведением закалки и низкотемпературного отпуска после науглероживания поверхности. Такой подход обусловлен традиционно низким содержанием углерода, что позволяет не опасаться повышения твердости сердцевины и, соответственно, достигать высокой вязкости основной части детали при получении на ее поверхности твердого и изнаноустойчивого слоя. При этом высокий удельный объем карбидной фазы в поверхностном слое, который возрастает с повышением содержания легирующих элементов, является основным источником повышения поверхностной твердости. Эта структурная особенность науглероженого слоя позволяет предположить, что проведение в качестве финишной обработки среднетемпературного отпуска может сохранить благоприятный градиент распределения твердости и одновременно с этим за счет структурных превращений в твердом растворе повысить вязкость и прочность материала в целом. Учитывая повышенный интерес отечественной металлургической промышленности к освоению современных марок сталей, соответствующим западноевропейским стандартам, целью работы было исследование влияния температуры отпуска на структуру и твердость стали 16CrMnS5, выплавляемой ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» в соответствии с DIN EN 10084. Работы по оценке влияния вакуумной цементации и нитроцементации на морфологию упроченного слоя указанной стали показали, что глубина упрочнения, как правило, не превышает значения 0,8 мм при длительности насыщения 8 ч [1], [2]. Такая толщина слоя, с учетом возможной последующей отделочной обработки поверхности посредством шлифования, может оказаться недостаточной, что делает актуальным не только исследование влияния режимов отпуска, но и длительности процесса насыщения, который на большинстве отечественных предприятий в настоящее время осуществляется в условиях атмосферного давления в твердом или газообразном карбюризаторах.

Объекты и методики исследований. Объектами исследований являлись науглерожённые слои стали 16CrMnS5. Цементацию проводили при температуре 920 °С в течение 8 и 12-ти ч в среде древесного угля, модифицированного углекислыми баридами. После химико-термической обработки (ХТО) проводили закалку в масле с температуры 860 °С и отпуск при температурах 200 и 400 °С в течение 1 ч. Обработку осуществляли на одних и тех же образцах, т. е. для проведения среднего отпуска использовали образцы предварительно отпущенные при температуре 200 °С. Для анализа структуры одну из поверхностей кубических образцов размерами 20 × 20 мм шлифовали и полировали, травили в 3–5%-м спиртовом растворе азотной кислоты. Металлографические ис-

следования проводили на оптическом микроскопе Метам РВ-22. Послойную оценку изменения строения поверхностного слоя и его твердости проводили последовательным механическим удалением с исследуемой поверхности образца слоя материала толщиной порядка 0,2 мм. Обнаженную для исследований внутреннюю поверхность металла полировали и подвергали дюрометрическим испытаниям на прессе Роквелла ТК-2М при нагрузке 1471 Н. Общее количество исследованных слоев определяли по результату дюрометрических испытаний, отражающих достижение минимальной твердости не менее чем на трех последовательно исследованных внутренних слоях. Их признавали сердцевиной образца, не затронутой химико-термической обработкой.

Результаты исследований и их обсуждение. После проведения всех этапов термохимической обработки микроструктура цементованных образцов представляет собой матрично-аустенитную матрицу с карбидными включениями (рис. 1 и 2). При исследовании структуры выявлены различия в морфологии карбидной фазы по объему слоя, имеющего заэвтектоидное строение. Как видно из сравнения обоих рисунков, увеличение длительности науглероживания позволяет существенно увеличить удельный объем карбидной фазы. Их количество на поверхности возрастает с 40 до 55 % (таблица).

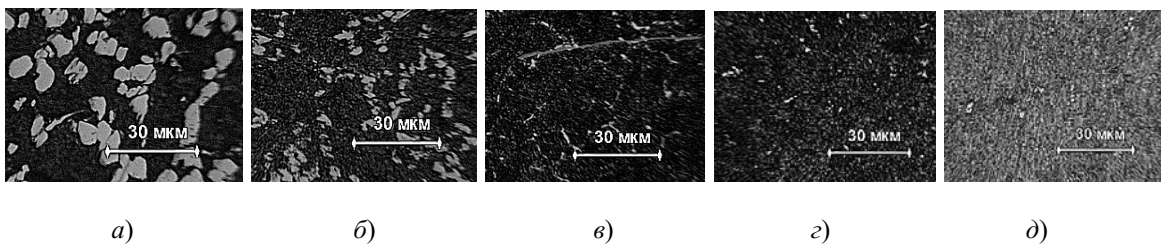


Рис. 1. Микроструктура стали 16CrMnS5, упрочненная посредством 8-часовой цементацией, закалкой и отпуском на различной глубине от поверхности:
a – на поверхности слоя; *б* – 0,13 мм; *в* – 0,39 мм;
г – 0,5 мм; *д* – 0,67 мм

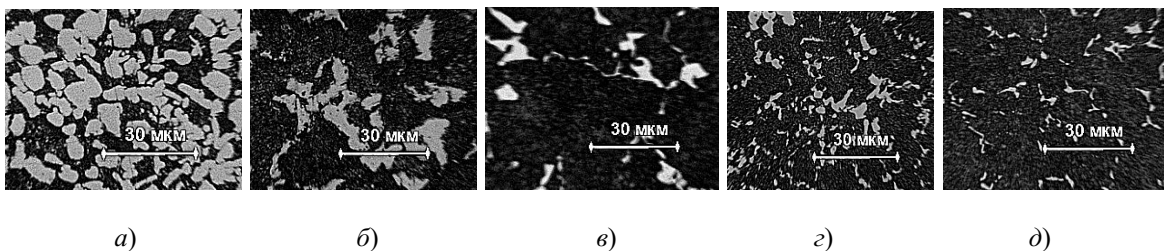


Рис. 2. Микроструктура стали 16CrMnS5, упрочненная посредством 12-часовой цементацией, закалкой и отпуском на различной глубине от поверхности:
a – на поверхности слоя; *б* – 0,08 мм; *в* – 0,12 мм;
г – 0,16 мм; *д* – 0,27 мм

Удельная доля карбидной фазы (%) в модифицированном слое стали 16CrMnS5

Длительность цементации, ч	Глубина исследуемого слоя, мм											
	0	0,08	0,12	0,13	0,14	0,16	0,27	0,31	0,39	0,45	0,5	0,67
12	55	28	–	–	–	14	8	6	–	4,5	–	–
8	40	–	–	21	–	–	–	–	6	–	2	1

На поверхности образцов обеих партий карбидная фаза отличается в основном глобулярными включениями, среди которых встречаются вытянутые продолговатые частицы (рис. 1, *a* и 2, *a*). В подповерхностном слое с заэвтектоидной структурой на глубине уже порядка 0,1 мм наблюдается снижение доли карбидов. Их локализация при этом приходится в основном на границы зерен, о чем можно судить по характерному скелету, образуемому включениями (рис. 1, *б* и 2, *б*).

Сопоставление зависимостей распределения твердости по сечению образцов показывает, что закалка с низким отпуском позволяет достаточно хорошо отразить ожидаемую тенденцию в формировании модифицированного слоя в соответствии с длительностью насыщения. Твердость переходной зоны со значением ниже 40HRC наблюдается на глубине примерно 0,9 и 1,4 мм после упрочнения в течение 8 и 12 ч, соответственно (рис. 3).

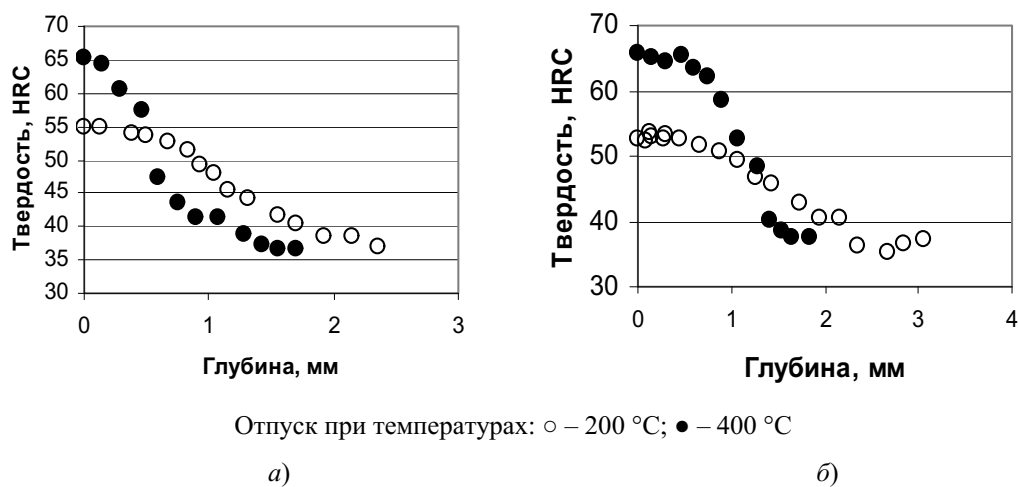


Рис. 3. Распределение твердости по сечению упрочненных слоев стали 16CrMnS5, сформированных при различной длительности цементации:
a – 8; *б* – 12 ч

Особый интерес представляет рассмотрение кривых распределения твердости после среднетемпературного отпуска. Как видно из рис. 3, в обоих исследованных случаях наблюдается смещение переходной зоны слоя в глубину образца. И по данному критерию глубина упрочненного слоя возрастает до 1,7 и 2,0 мм для длительности ХТО 8 и 12 ч, соответственно. В обоих случаях маркером достижения структуры сердцевины является твердость порядка 40HRC. Подобное изменение, по-видимому, может быть связано с некоторым перераспределением углерода, которое возможно при нагреве образцов до температуры среднего отпуска 400 °С. Особого внимания заслуживает достигнутая в результате среднего отпуска твердость сердцевины. Ее значение не снизилось

ниже 53–55 HRC, что является достаточно значительным достижением для сохранения на высоком уровне показателя контактной выносливости стали.

Заключение. Изучен процесс высокотемпературного насыщения углеродом стали 16CrMnS5. Выявлено, что увеличение длительности насыщения с 8 до 12 ч объемная доля карбидной фазы на поверхности возрастает с 40 до 55 %. При этом толщина заэвтектоидной зоны составляет не менее 0,5 мм, обеспечивая гарантированное получение площадки равной твердости после 12-часового насыщения. Сравнение величин твердости у образцов, подвергнутых низкотемпературному и среднетемпературному отпуску, показало, что ожидаемое снижение данного показателя оказалось приемлемым для выполнения требований по достижению высокой контактной выносливости материалов с упрочненным слоем. Величина твердости после среднетемпературного отпуска оказалась не ниже 53–55 HRC. При этом выявлено увеличение глубины модифицированного слоя по расположению конечного участка переходной зоны. Этот эффект, проявившийся для образцов обеих партий, по-видимому, обусловлен самодиффузией углерода в более глубокие слои в результате проведения финишного нагрева сплава до температуры 400 °С.

Л и т е р а т у р а

1. Влияние содержания остаточного аустенита и размера зерна на сопротивление усталости при изгибе стали, подвергнутой цементации в атмосферах низкого давления / П. Куля [и др.] // *Металловедение и термич. обработка металлов.* – 2014. – № 8. – С. 40–43.
2. Термодинамические и экспериментальные исследования низколегированных сталей после нитроцементации в атмосферах низкого давления / Т. Моррэй [и др.] // *Металловедение и термич. обработка металлов.* – 2014. – № 8. – С. 34–39.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОГЕЗИИ ПОКРЫТИЯ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПОРОШКА

И. С. Плешкунов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. Т. Бельский

Нанесение покрытий методами обработки металлов давлением представляет собой определенный интерес до настоящего времени. Учитывая, что волочение является высокопроизводительным процессом, была разработана технология нанесения защитных покрытий на длинномерное изделие в процессе волочения.

Формирование порошкового покрытия осуществлялось на волочильном стане барабанного типа следующим образом.

Длинномерное изделие протягивалось через волочильный инструмент, в рабочий конус которого подавался порошковый материал. Активными силами трения порошок увлекается проволокой в деформационную зону волоки, где происходит его деформация.

Образования соединения при формировании покрытия представляет собой сложный процесс, так как соединение происходит при совместной пластической деформации при температурах ниже температуры рекристаллизации.

Известны несколько подходов к объяснению этого явления [1]–[3]. В соответствии с энергетической теорией для образования соединения необходимо повысить уровень энергии соединяемых металлов путем нагрева, упругой или пластической деформацией.

Авторы дислокационной теории утверждают, что для соединения в твердой фазе необходимо обеспечить выход дислокаций к поверхности соединения.

В соответствии с теорией топохимических реакций соединение в твердой фазе происходит в результате развития физического контакта через сближение, возбуждение активных центров путем давления и нагрева возле выхода дислокаций.

При формировании покрытия из металлического порошка в процессе волочения имеются все предпосылки образования соединения в твердой фазе как отдельных частиц друг с другом, так и с длинномерным изделием.

Деформация отдельных частиц порошка наблюдается по всей длине рабочей зоны волоки. Однако на первой стадии волочения преимущественное значение в уплотнении порошкового материала имеет относительное перемещение частиц друг относительно друга, а на второй стадии преобладает их деформация.

Так как работа деформации в основном переходит в тепло, то в результате этого явления происходит как локальный, так и общий нагрев деформируемых тел, который способствует развитию металлических связей за счет увеличения подвижности атомов и протеканию процессов диффузии соединяемых металлов.

Адгезия покрытия из металлического порошкового материала идет с высоким уровнем активации частиц в результате их деформации, которая приводит к увеличению и обновлению поверхности, повышению потенциальной энергии атомов и выделению тепла. Весь комплекс физико-химических явлений, происходящих как внутри порошкового слоя, так и на поверхности проволоки, приводит к получению соединения в твердой фазе.

Существующие методы определения прочности наносимых покрытий основаны на различии физико-механических свойств металла покрытия и основного металла детали. Большинство качественных методов основано на деформации образца, при которой происходит разрушение покрытия или основного металла. Метод контроля выбирают в зависимости от металла покрытия, вида и назначения детали.

Анализируя существующие методы прочности покрытия, за основу был взят метод изгиба. Для определения когезии покрытия из металлического порошка была разработана и изготовлена установка (рис. 1).

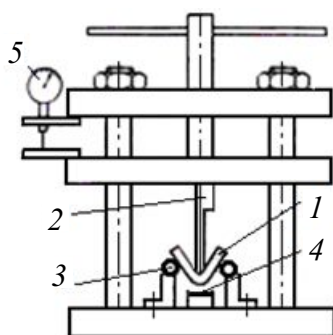


Рис. 1. Установка для определения когезии покрытия

Испытания прочности когезии покрытия проводили следующим образом. Образец с покрытием 1 помещали на ролики 3, расстояние между которыми регулировалось в зависимости от диаметра испытуемого образца. Перемещая пуансон 2, осуществляли деформацию изгиба образца до тех пор, пока не происходило разрушение покрытия, которое фиксировали с помощью зеркала 4. Величину перемещения пуан-

сона, который имел закругление, равное половине диаметра испытуемого образца, определяли с помощью индикатора 5. В качестве угла загиба принимался угол поворота одной части образца по отношению к другой части, лежащей по другую сторону от пуансона.

Исследованию на когезию подвергались металлические порошковые покрытия, полученные при различных условиях формирования на длинномерном изделии в процессе его волочения.

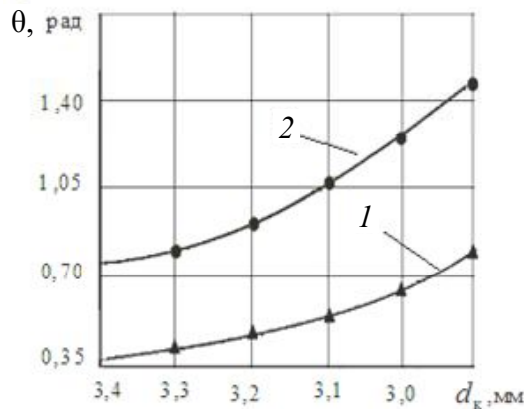


Рис. 2. Зависимость угла загиба от степени деформации:
1 – покрытие из оловянного порошка; 2 – покрытие из свинцового порошка

Исследуя влияние степени деформации длинномерного изделия при нанесении покрытий из порошка олова марки ПО2 и порошка свинца марки ПС2 на стальной проволоке марки БСтЗкп с исходным диаметром $d_n = 5,53$ мм и скоростью волочения $V = 0,106$ м/с, было замечено, что увеличение степени деформации при волочении приводит к увеличению когезия покрытия (рис. 2).

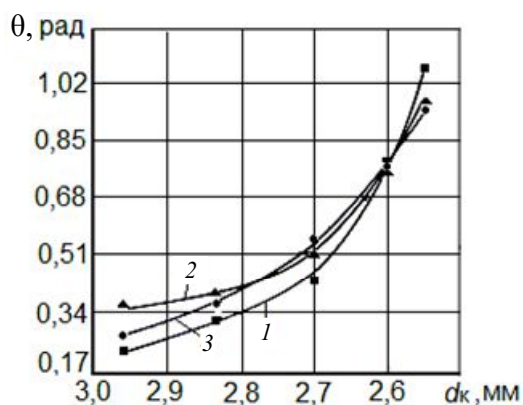


Рис. 3. Влияние угла загиба от степени деформации при различных скоростях волочения:
1 – $V = 0,134$ м/с; 2 – $V = 0,209$ м/с; 3 – $V = 0,074$ м/с

Исследуя когезию оловянных покрытий на медной проволоке при различных скоростях волочения, были получены результаты, представленные на рис. 3. Из зависимостей видно, что при применении волочильного инструмента с диаметром ка-

либрующей зоны $d_k = 2,6$ мм при различных скоростях когезии покрытий имеет примерно одинаковое значение.

Изучая влияние дисперсности металлического порошка на когезию покрытия, полученного в процессе волочения длинномерного изделия, были получены результаты, изображенные на рис. 4.

Формирования покрытий осуществляли с применением свинцового порошка различной дисперсности, полученного из свинца марки С2 путем распыления.

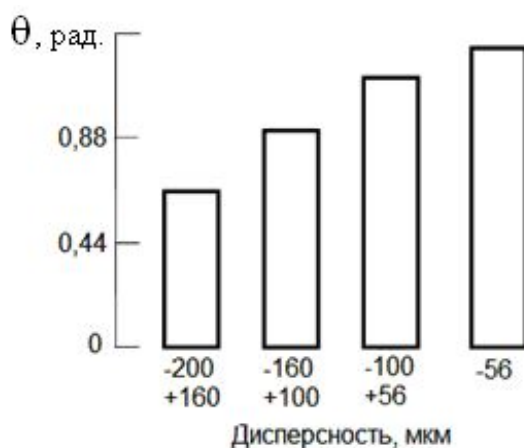


Рис. 4. Зависимость угла загиба от дисперсности порошка

Получения порошков различного гранулометрического состава осуществляли путем просеивания порошка через наборы сит.

Формирования покрытия из порошка свинца осуществляли на медной проволоке с исходным диаметром $d_n = 4,1$ мм. Скорость волочения при проведении экспериментов составляла $V = 0,106$ м/с. Диаметр калибрующей зоны волочильного инструмента при проведении экспериментов был равен: $d_k = 3,8$ мм.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- 1) с увеличением степени деформации при формировании покрытия наблюдается повышение когезии покрытия;
- 2) для получения покрытия с лучшими когезионными свойствами необходимо использовать мелкодисперсные порошки металлов;
- 3) скорость волочения при формировании покрытия оказывает различное влияние на когезию покрытия и зависит от степени деформации.

Литература

1. Семенов, А. П. Схватывание металлов / А. П. Семенов. – М. : Машгиз, 1958. – 279 с.
2. Сварка разнородных металлов и сплавов / В. Р. Рябов [и др.]. – М. : Машиностроение, 1984. – 239 с.
3. Казаков, Н. Ф. Диффузионная сварка металлов / Н. Ф. Казаков. – М. : Машиностроение, 1976. – 312 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДАТЛИВОСТИ ЛИТЕЙНЫХ СТЕРЖНЕЙ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ ОТЛИВОК

И. Н. Прусенко

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого, Республика Беларусь»*

Научный руководитель И. Б. Одарченко

Податливость является одним из важнейших эксплуатационных свойств литейных стержней, которое характеризует их поведение в условиях термомеханического нагружения при кристаллизации и охлаждении отливки. Этот показатель определяет уровень усадочных напряжений, возникающих в отливке, а также вероятность образования коробления, холодных, горячих трещин.

Химически твердеющие смеси, применяемые для изготовления стержней, характеризуются низкой податливостью, обусловленной малыми скоростью и величиной деформации структуры связующих при высокотемпературном нагреве. Известно [1], [2], что при контакте стержня с жидким металлом происходит карбонизация органических связующих компонентов стержневой смеси, которая сопровождается образованием пленочного пироуглерода (коксового остатка). Последний стабилизирует прочность стержня при контакте с расплавом, ухудшая тем самым его пластические свойства.

В работе представлены результаты исследования податливости литейных стержней, изготовленных с применением различных связующих компонентов, и произведена оценка их влияния на формирование отливок в условиях затрудненной усадки.

Для исследования коксового числа связующих компонентов отбирали навеску связующего (полиола (1 г) и катализатора (0,8 г)), которую подвергали высокотемпературному нагреву в керамическом тигле. Карбонизация полимера производилась при температуре 800 °С без доступа воздуха в высокочастотной индукционной установке *Indutherm VC650V*. Количество коксового остатка определяли по изменению массы навески до и после прокаливании (табл. 1).

Таблица 1

Коксовые числа связующих компонентов

Связующие компоненты	Среднее коксовое число, %
<i>Askuran 381, Harter rapid 03</i>	50,3
КФ65С, Ортофосфорная кислота	32
<i>Askocure 366, Askocure 666</i>	47,5
КФ-Ф, Ортофосфорная кислота	20,2
<i>Askuran NB 7915 D, hunter rapid 03</i>	35,3

Установлено, что наиболее высокий коксовый остаток имеют связующие системы на основе фенольных (*Askocure 366*) и фурановых смол (*Askuran 381*) с высоким содержанием фурилового спирта. Связующая система с применением карбамидно-фурановой смолы (КФ-Ф) имеет наименьшую величину коксового числа, следовательно, должна обладать наибольшей податливостью.

Влияние связующих компонентов на податливость литейного стержня и, следовательно, на протекание термомеханического взаимодействия в зоне контакта металл – литейный стержень оценивалось по показателям вероятности образования

трещин в теле отливок. С этой целью были изготовлены специальные литейные формы. Образцы, полученные при заполнении данных литейных форм, представляли собой полые цилиндры с утолщением по высоте стенки, переход на которую был выполненный без галтелей и радиусов закругления (рис. 1).

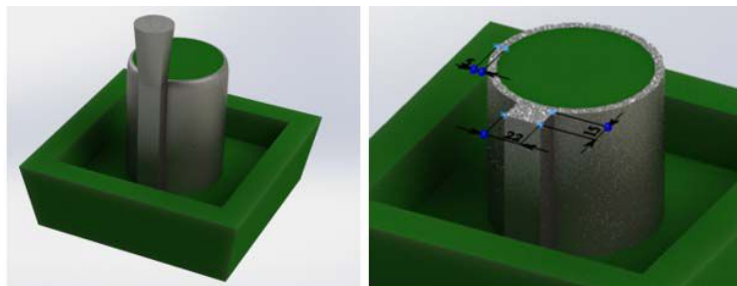


Рис. 1. CAD-модель отливки в нижней полуформе

Данная конструкция обеспечивала формирование усадочных напряжений и трещин в области стыка утолщения и стенки отливки ввиду различной скорости кристаллизации жидкого чугуна в ее сечениях.

Для изготовления серий образцов были использованы стержневые смеси с равным содержанием связующих компонентов по рецептурам, приведенных в табл. 2.

Таблица 2

Составы стержневых смесей

Состав смеси	Количество компонентов		
	Песок 1К ₂ О ₁ 016	Смола	Катализатор
№ 1	100	КФ-Ф – 1 %	Ортофосфорная кислота – 1 %
№ 2	100	КФ-65С – 1 %	Ортофосфорная кислота – 1 %
№ 3	100	Askuran NB 7915 D – 1 %	hunter rapid 03 – 1 %
№ 4	100	Askuran381 – 1 %	hunter rapid 03 – 1 %

Для заливки использовался гравитационный способ литья из конического ковша сплавом СЧ25, нагретым до температуры 1380 °С.

При визуальном осмотре полученных отливок выявлены трещины на трех образцах: № 2–4 (рис. 2).



Образец № 2

Образец № 3

Образец № 4

Рис. 2. Трещины в отливках

Образованные трещины имели грубую окисленную поверхность с неровными краями, длиной 25 мм (Образец № 3), 27 мм (Образец № 2), 42 мм (Образец № 4) и шириной 1–1,1 мм (Образцы № 2, 3), 1,3 мм (Образец № 4).

Также были определены внутренние напряжения в отливке, образующиеся при затрудненной усадке в литейных формах, изготовленных по данным рецептурам стержневых смесей (табл. 2). Испытания осуществлялись по наиболее распространенной методике с использованием технологической пробы в виде прямоугольной усадочной решетки. Результаты исследований представлены в табл. 3.

Таблица 3

Влияние вида связующих компонентов стержневых смесей на податливость стержня

Состав смеси		Внутренние напряжения в отливке	
Песок $2K_2O,02$	Связующие компоненты	на растяжение, МПа	на сжатие, МПа
100 %	Askuran 381 – 1 %, Harter rapid 03 – 0,8 %	2,5	5,8
100 %	КФ65С – 1 %, Ортофосфорная кислота – 0,8 %	1,0	2,4
100 %	Askocure 366 – 1 %, Askocure 666 – 0,8 %	2,4	5,5
100 %	КФ-Ф – 1 %, Ортофосфорная кислота – 0,8 %	0,8	1,8

Установлено, что результаты испытаний в целом коррелируют с данными коксового остатка представленных связующих, т. е. с ростом коксового числа отмечен рост внутренних напряжений на растяжение и сжатие. Это позволяет заключить, что химическая структура связующих компонентов оказывает влияние на внутренние напряжения в литейном стержне.

Поскольку количество коксового остатка в стержневой смеси, зависит от содержания связующего, было проведено исследование влияния рецептуры стержневой смеси на податливость литейного стержня. Количество смолы в связующей композиции варьировалось от 0,8 до 1,2 %. Исследования проводились по стандартной методике путем определения внутренних напряжений в отливке, образующихся при затрудненной усадке (табл. 4).

Таблица 4

Влияние рецептуры стержневых смесей на податливость стержня

Смесь	Количество компонентов, % масс.			Внутренние напряжения в отливке	
	Песок марки $1K_1O_2,02$	Смола марки КФ65С	Катализатор ортофосфорная кислота	на растяжение, МПа	на сжатие, МПа
Смесь 1	100	0,8	0,8	0,9	2,2
Смесь 2	100	1	0,8	1	2,4
Смесь 3	100	1,2	0,8	1,2	2,7
Смесь 4	100	0,8	1	1,1	2,5
Смесь 5	100	1	1	1,3	2,9

Окончание табл. 4

Смесь	Количество компонентов, % масс.			Внутренние напряжения в отливке	
	Песок марки 1К ₁ О ₂ 02	Смола марки КФ65С	Катализатор ортофосфорная кислота	на растяжение, МПа	на сжатие, МПа
Смесь 6	100	1,2	1	1,4	3,2
Смесь 7	100	0,8	1,2	1,2	2,9
Смесь 8	100	1	1,2	1,3	3
Смесь 9	100	1,2	1,2	1,5	3,5

При проведении исследования было установлено, что увеличение содержания связующей композиции в составе смеси с 0,8 %–0,8 % до 1,2 %–1,2 % приводит к росту внутренних напряжений в отливке на 59 % (сжатие) и 67 % (растяжение), возникающих вследствие снижения податливости. Это связано с более полной сшивкой цепей молекул полимера и образования большего количества пленочного пироуглерода. Следовательно, при увеличении прочности литейного стержня податливость уменьшается.

Для проверки данной гипотезы проведено исследование влияния прочности стержневых смесей на податливость стержня. Изменение прочности стержней осуществлялась корректировкой рецептуры и величины уплотнения смеси (табл. 5).

Таблица 5

Влияние степени уплотнения и прочности стержневых смесей на податливость стержня

№ смеси	Количество компонентов, % масс.			Условия уплотнения	Средняя прочность ст. смеси через 1 ч, Н/см ²	Внутренние напряжения в отливке	
	Песок марки 1К ₁ О ₂ 02	Смола марки КФ65С	Катализатор ортофосфорная кислота			на растяжение, МПа	на сжатие, МПа
1	100	1,2	0,8	Виброуплотнение (1420 кг/м ³)	314	1,2	2,8
2	100	1,2	1		336	1,4	3,2
3	100	1,2	1,2		362	1,5	3,5
4	100	1,2	0,8	Уплотнение тромбовкой (1560 кг/м ³)	445	1,8	4,3
5	100	1,2	1		473	1,9	4,5
6	100	1,2	1,2		485	2	4,6

Таким образом, внутренние напряжения в отливке возрастают по мере роста прочности образцов, связанного с увеличением плотности и прочности стержня.

Проведенные исследования позволили установить, что податливость литейных стержней в первую очередь определяется способностью связующей системы к карбонизации и зависит от наличия и количества ароматической структуры в химической формуле вещества, зародышей углеродных сеток кокса. Также на податливость оказывают влияние количество связующей композиции в составе стержневой смеси, плотность и величина прочности литейного стержня. При этом содержание связующих компонентов в составе стержневой смеси должно сводиться к минимуму, способному обеспечить литейный стержень комплексом эксплуатационных свойств.

Литература

1. Балинский, В. Р. Проба на податливость стержней из холоднотвердеющих смесей / В. Р. Балинский, Л. И. Иванова // Литейное пр-во. – 1975. – № 12. – С. 17.
2. Жуковский, С. С. Холоднотвердеющие связующие и смеси для литейных стержней и форм : справ. / С. С. Жуковский. – М. : Машиностроение, 2010. – 256 с.

**ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ КОНТРОЛИРУЕМО-ПЕРЕМЕЩАЕМОЙ
ОПРАВКИ НА ВЕЛИЧИНУ ИЗНОСА КОНТАКТНОЙ
ПОВЕРХНОСТИ ОПРАВКИ ПРИ НЕПРЕРЫВНОЙ
РАСКАТКЕ ТРУБ**

Я. И. Радькин

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Ю. Л. Бобарикин

Одним из основных способов производства горячедеформированных бесшовных труб является прокатка на трубопрокатных агрегатах с непрерывным станом.

Агрегаты с непрерывным станом в силу их значительной мощности весьма перспективны для производства труб массового назначения. На раскатных станах производят трубы широкого сортамента и практически любого назначения.

Весьма актуальным является исследование и совершенствование процесса непрерывной прокатки труб с целью обоснования рациональных калибровок валков, скоростных режимов прокатки, повышения стойкости прокатного инструмента и улучшения качества горячедеформированных бесшовных труб.

Значительное влияние на процесс раскатки оказывает правильный выбор скоростных режимов прокатки.

Цель работы: определить оптимальные скоростные режимы контролируемо-перемещаемой оправки для получения профиля трубы $168,3 \times 4,5$, позволяющие снизить износ прокатного инструмента.

Для решения поставленной задачи исследования процесса износа был выбран метод численного моделирования. Разработанные теоретические зависимости процессов износа, которые лежат в основе математических моделей, позволяют производить первичный анализ технологических процессов обработки материалов и дают возможность определения влияния различных факторов на механизм образования износа. В большинстве случаев для теоретического исследования износа используется метод конечных элементов. Данный метод позволяет проводить исследования конструкционных, эксплуатационных и технических факторов процессов обработки металлов давлением, в том числе и раскатки труб.

Для исследования механизма износа раскатных оправок была использована разработанная адекватная численная модель процесса раскатки черновых труб.

В качестве исходных данных для моделирования использовались настроенные параметры непрерывного трехвалкового раскатного стана и таблицы прокатки для соответствующего трубного профиля. В качестве материала заготовки была принята сталь марки 20. Раскатка гильзы в черновую трубу производится при температуре $1080\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для материала была принята упругопластическая модель Мизеса. Для расчета износа раскатной оправки была принята модель абразивного износа Арчарда.

Был проведен ряд виртуальных экспериментов с различными скоростными режимами прокатки (таблица).

Скоростные режимы прокатки трубного профиля 168,3 × 4,5

	Оправка, м/с	Клеть VRS	Клеть 1, об./мин	Клеть 2, об./мин	Клеть 3, об./мин	Клеть 4, об./мин
Режим 1	1,7	497	569,3	673	656,5	639
Режим 2	2,0	497	569,3	673	656,5	639
Режим 3	2,3	497	569,3	673	656,5	639
Режим 4	2,6	497	569,3	673	656,5	639
Режим 5	2,9	497	569,3	673	656,5	639

Для того чтобы сохранялся принцип непрерывной прокатки, скорости клетей не менялись, варьировалась скорость оправки.

При помощи численной модели были получены данные по нагрузке валков и оправки в процессе раскатки гильзы в черновую трубу (рис. 1).

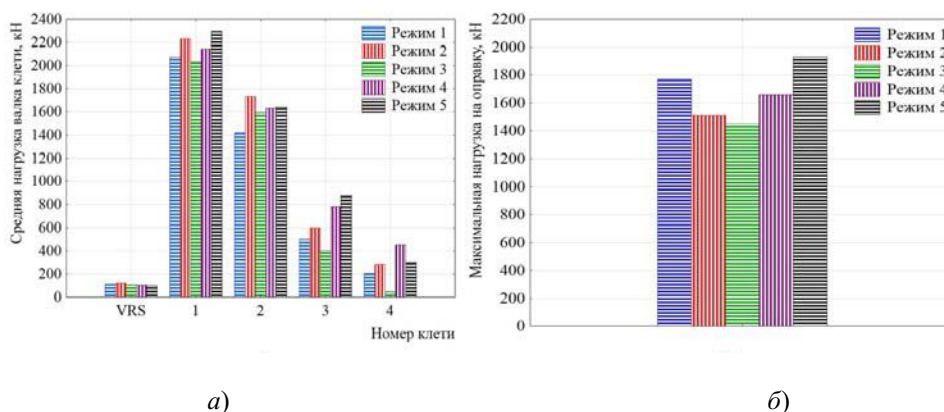


Рис. 1. Средние нагрузки, действующие на прокатный инструмент:
 а – средняя нагрузка, действующая на валки, кН;
 б – максимальная нагрузка, действующая на оправку

В процессе раскатки гильзы в черновую трубу наиболее нагруженными клетями являются клетки № 1 и 2, при прохождении через них металл подвергается наибольшему деформированию, что подтверждается цветочисловыми диаграммами распределения напряжений.

При всех скоростных режимах нагрузка на клетки находится в одном диапазоне величин, однако при скоростном режиме № 3 нагрузка в первой клетке имеет наименьшее значение, что должно благоприятно сказаться на стойкости валков.

Анализ нагруженного состояния оправки показал, что наиболее оптимальным скоростным режимом оправки также является режим № 3. Усилие, действующее на оправку со стороны металла, минимально по сравнению с другими режимами. Это обусловлено более равномерным распределением напряжений по всей поверхности оправки со стороны металла.

На основании исследования напряженно-деформированного состояния очагов деформации в клетях раскатного стана была определена оптимальная скорость контролируемо-перемещаемой оправки, которая должна быть равной скорости заготовки на выходе из первой деформирующей клетки.

При соблюдении этого условия наблюдается равномерное распределение напряжений в продольном и поперечном сечениях очагов деформации, что способствует движению оправки с минимальными отклонениями от прямолинейной траектории. Это позволяет значительно увеличить ресурс работы оправок. Результаты величины износа в зависимости от проходов раскатки представлены на рис. 2.

Исходя из полученного графика оптимальная скорость движения оправки при раскатке черновой трубы должна быть равна скорости металла на выходе из первой клетки раскатного стана. При соблюдении данного условия износ контактной поверхности раскатной оправки будет минимален.

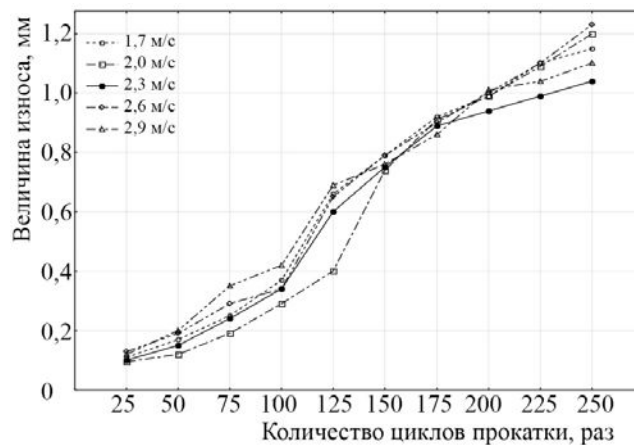


Рис. 2. Результаты моделирования износа при различных скоростных режимах контролируемо-перемещаемой оправки

Таким образом, были получены следующие результаты:

1. Разработана адекватная численная модель процесса раскатки черновых труб, которая позволяет определять значения напряжений, деформаций и температурных параметров в очаге деформации, а также позволяет прогнозировать износ прокатного инструмента.

2. Определен оптимальный скоростной режим раскатной оправки, позволяющий снизить износ рабочей поверхности прокатного инструмента.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ШАРИКОПОДШИПНИКОВОЙ СТАЛИ В УСЛОВИЯХ СТАНА 370/150 ОАО «БМЗ – УК ХОЛДИНГА «БМК»

С. А. Савченко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. М. Урбанович

Использование горячекатаных прутков в качестве заготовки для шариков, роликов подшипников накладывает дополнительные требования к прутку. Пруток относительно стандартных требований (ГОСТ 801, а также шкал международного стандарта SEP 1520) должен характеризоваться высокой упругостью и высоким сопротивлением усталости при малой хрупкости, отличаться высокой износостойкостью и прочностью.

ГОСТ 801 «Сталь подшипниковая» устанавливает требования по структурной полосчатости и карбидной ликвации, которые не должны превышать 3 баллов, карбидная сетка в макроструктуре отожженной стали диаметром до 60 мм включительно не допускается, остатки карбидной сетки не должны превышать 3 баллов.

Для обеспечения требований на предприятии проводят следующие операции:

1. Отбор образцов в количестве пяти штук от пяти прутков (ГОСТ 801), не менее двух от двух прутков (SEP 1520).

Практикой работы установлено, что различие в величине карбидной неоднородности при оценке шлифов из середины и краев (торцов) незначительно.

2. Оценка карбидной сетки на поперечных шлифах. Однако установлено, что оценка карбидной сетки на продольных шлифах по сравнению с ее оценкой на поперечных шлифах является более строгой. Это связано с тем, что максимальное развитие карбидная сетка получает в местах скопления карбидов по карбидной полосчатости, которая в большей мере проявляется на продольных шлифах.

3. Контроль карбидной сетки в отожженных сталях возможен по шлифам как в исходном состоянии – после отжига, так и после закалки. Установлено, что оценка карбидной сетки по закаленным шлифам является более точной и строгой по сравнению с отожженными шлифами [3].

4. При оценке структурной полосчатости (ГОСТ 801) образцы, отобранные от неотожженной стали, следует предварительно отжечь до твердости: для марки ШХ15 – 179–207 НВ; для марок ШХ15СГ, ШХ20СГ – 179–217 НВ.

В условиях ОАО «БМЗ – УК холдинга «БМК» с пуском мелкосортного стана 370/150 началась работа по подбору режимов проката и отжига стали ШХ15 и ШХ15СГ. Так как до этого прокат поставлялся без отжига. При проведении отжига выяснилось, что результат отжига зависит от исходной структуры заготовки после проката. Было опробовано пять режимов отжига. По результатам проведенных испытаний можно сказать, что отжиг позволяет снизить балл карбидной ликвации и карбидной сетки на 1,5–2 балла в зависимости от того, насколько грубой была структура после проката.



Рис. 1. Карбидная сетка

На данном рисунке карбидная сетка разомкнута и по ГОСТу соответствует 6 баллу, что является браком для произведенной продукции.

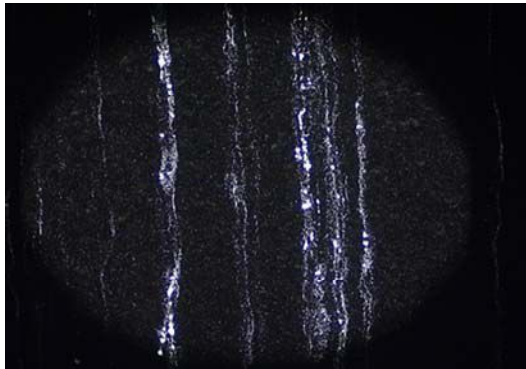


Рис. 2. Карбидная полосчатость

На данном рисунке наблюдаем скопление карбидов в полосы, что также не проходит по ГОСТу.

Рассмотрены и другие пути улучшения готовой продукции:

1. Деформационный (увеличение прокатных клетей).
2. Температурный (использование низких температур при прокатке на выходе из печи 1080 °С и конца прокатки 930–1020 °С).
3. Улучшение качества исходной заготовки.

Из трех предложенных вариантов второй путь является наиболее перспективным, так как улучшение исходной заготовки и деформационный путь повлекут за собой затраты, которые приведут к увеличению себестоимости. Температурный путь предусматривает низкие температуры начала и конца прокатки для того, чтобы рост карбидов был незначителен, что приведет к улучшению свойств и соблюдению требований, предъявляемых к прокату.

Заключение

1. Необходимо соблюдать температурный режим нагрева и время выдержки в нагревательной печи.
2. Необходимо придерживаться пониженных температур при прокатке.
3. Необходимо доработать существующую систему калибровки.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА ДЕТАЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ИЗНОСА

В. А. Сокол

*Учреждение образования «Белорусский государственный
аграрный технический университет», г. Минск*

Научный руководитель Ю. Т. Антонишин

Цель работы – повышение прочности и износостойкости изделий за счет получения структуры, выгодно сочетающей скрытокристаллический мартенсит с мелкими равномерно распределенными карбидами, при относительно малом окислении и обезуглероживании

Для изготовления деталей, работающих в условиях абразивного износа (нож кормоуборочного комбайна, лемех плуга, лапа культиватора), широко применяют углеродистые и легированные стали, обладающие высокой твердостью (HRC 60–65), прочностью и износостойкостью. Обычно это заэвтектоидные или ледебуритные стали (такие как 9ХС, У8, У10), структура которых после закалки и низкого отпуска

мартенсит – избыточные карбиды. Это обусловлено более равномерным распределением карбидов, что связано с небольшим содержанием углерода (0,9 %); карбидной неоднородностью, не превышающей 1–2 балла; присутствием кремния, который, затрудняя самодиффузию, способствует сохранению мелкого зерна; меньшим количеством остаточного аустенита ($\leq 6\text{--}8\%$).

Износостойкость этих сталей повышается с увеличением содержания углерода и твердости при верхних ограничениях, обусловленных опасностью хрупкого разрушения лезвия. При легировании стали хромом (свыше 3–4 %), ванадием и вольфрамом верхний предел твердости повышается, что позволяет перевести процесс абразивного изнашивания в менее интенсивные формы [1].

Известен способ М. Л. Бернштейна [2], по которому заготовку в исходном отожженном состоянии, структурно представляющую ферритокарбидную смесь, подвергают холодной пластической деформации и последующему длительному предрекристаллизационному отжигу для полигонизации при температуре несколько меньшей температуры рекристаллизации, с последующим охлаждением до комнатной температуры. После этого сталь подвергают скоростному электронагреву ($65\text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$) с целью осуществления передачи блочной субструктуры, образующейся в результате процесса полигонизации, при выдержке ниже рекристаллизационных температур, аустениту при нагреве под закалку.

Неустойчивость субструктуры, образующейся при предрекристаллизационном отжиге, для передачи ее аустениту требует применения большой скорости нагрева под закалку. Это представляет значительную технологическую сложность. Недостатками способа также являются частичная рекристаллизация при выдержке, длительность отжига и невысокое повышение механических свойств обрабатываемой стали.

Перспективен способ термомеханической обработки стальных изделий, включающий нагрев со скоростью выше $50\text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$ до температуры от A_{C1} до $A_{C3} + 200\text{ }^\circ\text{C}$, горячую деформацию прокаткой со степенью деформации 45–80 % с регламентируемой температурой конца прокатки, ускоренное охлаждение с получением мартенситной структуры или продуктов распада аустенита и отпуск путем одно- или многократного скоростного нагрева с окончательным охлаждением на воздухе [3].

Недостаток способа – нагрев заготовки до температуры выше $1100\text{ }^\circ\text{C}$, приводящий к росту аустенитного зерна, как следствие, формированию неоднородной структуры и падению пластичности стали. Последующая деформационная обработка, проводимая при повышенных температурах, создает напряженный режим работы оборудования и снижает экономическую эффективность способа.

Предлагаемая термомеханическая обработка включает нагрев заготовки токами высокой частоты до температуры аустенизации, пластическую деформацию, закалку и отпуск. Нагрев от температуры точки Кюри до температуры $980\text{--}1050\text{ }^\circ\text{C}$ проводят со скоростью $30\text{--}40\text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$, а деформацию производят горячим гидропрессованием со степенью деформации 60–95 %, при скорости деформации $0,5\text{--}2\text{ м/с}$, с последующей закалкой по режимам ВТМО и нормальным отпуском. Особенность процесса – выдержка после деформации перед закалкой в течение $0,2\text{--}1,0\text{ с}$.

Для получения значительного эффекта упрочнения необходимо, как правило, деформировать металл не менее, чем на 80–90 %. Однако при обычном выдавливании при 90%-й деформации развиваются высокие давления, что является серьезным препятствием на пути промышленного освоения термомеханического упрочнения изделий. Квазизатяжное выдавливание в условиях всестороннего сжатия значительно снижает усилия деформирования сплавов, благодаря чему становится возможной большая разовая деформация, а следовательно, и большой эффект упрочнения.

Традиционно для достижения максимальной твердости применяют закалку деталей, нагретых до широкой области температур. Однако для получения высокой прочности и предупреждения сильного ухудшения вязкости верхний предел температур закалки должен быть ограничен. Заэвтектоидные стали имеют мало избыточных карбидов, которые могли бы эффективно задерживать рост зерна при повышенной температуре нагрева. Поэтому интервал оптимальных температур нагрева для большинства сталей узок: 15–20 °С (для стали 9ХС рекомендуемая температура закалки 865–880 °С) [4].

Известно [5], что скоростной индукционный нагрев ведет к повышению точки фазовых превращений, а следовательно, и температуры закалки стали в среднем на 100 °С. При этом значительно расширяется интервал закалочных температур. Очевидно, поэтому в результате ВТМО при температурах до 950 °С и нормальном отпуске получали изделия с твердостью 51–58 HRC, т. е. с неполной закалкой. В результате исследования влияния температуры нагрева перед пластической деформацией заготовок из стали 9ХС на твердость изделий после закалки и отпуска установлено, что наилучшие результаты получены при ВТМО с нагревом до 980–1050 °С. Микроструктура изделий состояла из мартенсита с мелкими карбидами, равномерно распределенными по сечению образцов. Температура нагрева заготовок оказывала большое влияние на величину и характер распределения мартенситных игл. Наиболее качественную структуру получали при выдавливании с последующим охлаждением изделий (ВТМО) с температур 950–1000 °С. В этом случае структура изделий состоит из характерного мелкоигльчатого мартенсита и остаточного аустенита.

При деформации и закалке с нагревом выше 1050 °С размеры мартенситных игл начинают увеличиваться, а при 1140 °С появляется «рыхлая» мартенситная структура с колоннами крупных игл, причем твердость в этом случае резко падает после отпуска. При деформации заготовок, нагретых до 1200 °С, получали структуру перегрева. Поэтому оптимальными температурами электронагрева заготовок из стали 9ХС при горячем выдавливании в режимах ВТМО является интервал 980–1030 °С, так как при этих температурах помимо относительно малого окисления и обезуглероживания получают сочетание структуры скрытокристаллического мартенсита с мелкими равномерно распределенными карбидами, способствующее повышению прочности и износостойкости деталей.

Так как наиболее интенсивные фазовые превращения происходят в области выше точки магнитных превращений, скорость нагрева определяли отдельно для нагрева до точки Кюри и от точки Кюри до температуры деформации. Результаты определения влияния скорости нагрева на твердость закаленных изделий показывают, что повышение скорости нагрева при температурах ниже точки Кюри не оказывает заметного влияния на твердость закаленных изделий. При увеличении скорости нагрева от 20 до 50 °С/с в интервале от точки Кюри до заданной температуры твердость закаленных изделий повышается. При высокочастотном нагреве плотность тока от поверхности к сердцевине заготовки убывает, поэтому периферийные слои заготовок из сталей, обладающих пониженной теплопроводностью, нагреваются быстрее. Неравномерный нагрев приводит к разным значениям твердости по сечению выдавленных и закаленных изделий. Опыт показал, что оптимальной скоростью нагрева заготовок из стали 9ХС следует считать 30–40 °С/с.

При изготовлении деталей, работающих в условиях интенсивного износа, выдавливание производили с большими обжатиями в области высоких температур. В этих условиях, особенно после деформации, у сталей стремительно развивается собирательная рекристаллизация, что приводит к устранению упрочняющего дейст-

вия ВТМО – потере прочности деформированного металла за счет образования новых зерен, быстро развивающихся за счет окружающих их зерен, искаженных деформацией. Поэтому возникла необходимость установить оптимальную выдержку выдавленных заготовок после деформации перед закалкой, которая исключила бы собирательную рекристаллизацию.

Для этого исследовали структуру изделий, полученных по режимам ВТМО с выдержкой перед закалкой в течение 6–0,2 с. Установлено, что при выдавливании заготовок, нагретых до 950–1000 °С, и последующей выдержкой перед закалкой в течение 3–6 с структура изделий из стали 9ХС состоит из мартенсита, а твердость в поперечном сечении едва достигает 58–59 HRC.

После ВТМО стали 9ХС с промежуточной выдержкой 0,2–1 с у изделий была твердость 63–64 HRC, а структура состояла из скрытокристаллического мартенсита с равномерно распределенными мелкодисперсными карбидами.

У деталей из стали 9ХС, обработанных по известному способу, свойства составляли: прочность 305 МПа, ударная вязкость 12 Дж/см² твердость 63 HRC, а у обработанных по предлагаемым режимам они были равны: прочность – 510 МПа, ударная вязкость 35 Дж/см², твердость 63 HRC.

Исследованиями установлено, что ВТМО приводит к устранению отпускной хрупкости, улучшению сочетания прочности и пластичности, общему повышению ударной вязкости. Кроме того, уменьшается чувствительность сплава к острым трещинам и повышается сопротивление разрушению.

Применение предлагаемого технического решения позволяет значительно повысить эксплуатационные свойства изделий.

Л и т е р а т у р а

1. Сидоров, С. А. Технический уровень и ресурс рабочих органов сельхозмашин / С. А. Сидоров // Тракторы и с.-х. машины. – 1998. – № 3.
2. Бернштейн, М. Л. Металловедение и термическая обработка стали / М. Л. Бернштейн, А. Г. Рахштадт. – М., Металловедение, 1983.
3. Сорокин, Г. М. Прочность как основа механизма износостойкости стали при абразивном воздействии / Г. М. Сорокин // Вестн. машиностроения. – 1986. – № 5.
4. Ткачев, В. Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин / В. Н. Ткачев. – М. : Машиностроение, 2001. – 342 с.
5. Гуляев, А. П. Инструментальные стали / А. П. Гуляев, К. А. Малинина, С. М. Саверина. – М. : Машиностроение, 1975. – 272 с.
6. Кидин, И. Н. Термическая обработка стали при индукционном нагреве / И. Н. Кидин. – М. : Машиностроение, 1950. – 324 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОЧАГА ДЕФОРМАЦИИ ПОЛОСЫ ПРИ ПРОКАТКЕ В ВАЛКАХ С ЯЩИЧНЫМИ КАЛИБРАМИ ЧЕРНОВОЙ ГРУППЫ КЛЕТЕЙ СТАНА 370/150 ОАО «БМЗ»

Д. М. Васильков

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель И. В. Астапенко

Цель работы: определить параметры очага деформации при прокатке в ящичных калибрах клетей № 1–3 стана 370/150 с целью уточнения методики расчета калибровки.

- Поставленная цель достигается решением следующих задач:
- аналитический расчет параметров прокатки;
 - разработка численной модели прокатки в клетях № 1–3;
 - анализ полученных результатов моделирования, сопоставление данных с реальным процессом; вывод по адекватности разработанной модели;
 - исследование с помощью адекватной численной модели геометрии очага деформации в клетях № 1–3 черновой группы стана 370/150;
 - выводы и рекомендации производству.

При расчете деформационно-кинематических и энергосиловых параметров процесса прокатки высоких полос с $l_d / h_{cp} < 1$ в ящичных калибрах основным параметром влияния на напряженное состояние является не сила контактного трения, а внешние зоны (жесткие концы). Это приводит к ряду деформационных особенностей, не учитываемых в традиционных методиках расчета:

- высотной внеконтактной утяжке;
- деформации на выпусках калибров;
- двувыпуклому подъему металла на выпусках калибров.

Определить и учесть эти явления в методике расчетов параметров прокатки в ящичных калибрах и является целью исследования. Исследуемые параметры очага деформации показаны на рис. 1.

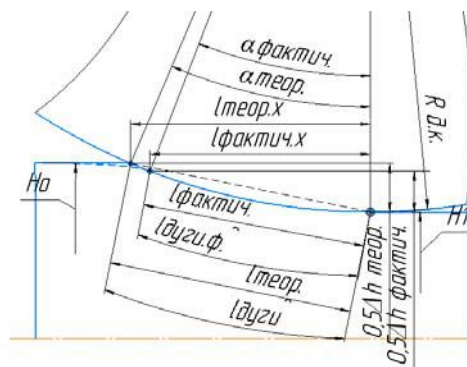


Рис. 1. Исследуемые параметры очага деформации

Исследования проводились в два этапа. На *первом этапе* были выполнены аналитические расчеты параметров очага деформации для прокатки в клетях № 1–3 с ящичными калибрами по известным методикам. Исходные данные для расчетов представлены в табл. 1. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 1

Исходные данные для расчета параметров процесса прокатки в клетях № 1–3

Параметры		Клеть № 1	Клеть № 2	Клеть № 3
Высота полосы, мм	до прокатки H_0	300	264,5	365
	после прокатки H_1	250	195	206,5
Ширина полосы, мм	до прокатки B_0	250	250	195
	после прокатки B_1	264,5	265	206,5

Окончание табл. 1

Параметры	Клеть № 1	Клеть № 2	Клеть №3
Диаметр бочки валка D_B , мм	850	850	750
Диаметр валка по дну калибра валка $D_{д.к}$, мм	630	685	568,5
Зазор между валками S , мм	30	30	25

Расчет геометрических параметров выполнен по следующим классическим формулам:

$$\alpha = \sqrt{\frac{\Delta H}{R_k}}; L_{\text{хорды}} = \sqrt{\frac{\Delta H}{\frac{2}{D_k}}}; L_{\text{теор.х}} = \sqrt{\frac{\Delta H}{\frac{2}{D_k}} - \frac{\Delta H^2}{4}}; L_{\text{дуги}} = \alpha R_k.$$

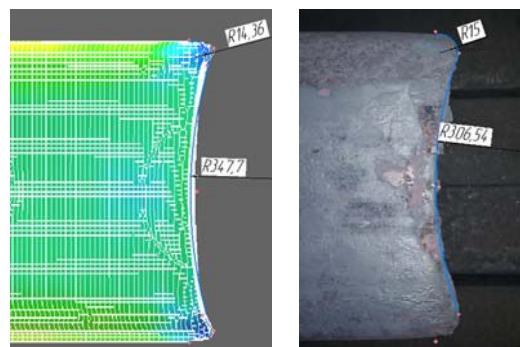
Таблица 2

Результаты аналитического расчета параметров процесса прокатки в клетях № 1–3

Параметры		Клеть № 1	Клеть № 2	Клеть № 3
Проекция дуги на ось x , мм		122,9	150,3	125,6
Длина хорды дуги, мм		125,5	154,29	128,9
Длина дуги, мм		125,5	154,3	128,9
Угол захвата α , мм	22,8	25,8	26,9	–
	19,6	24,53	23,18	–

На *втором этапе* выполнен численный эксперимент процесса прокатки в клетях № 1–3 с ящичными калибрами и сопоставление полученных результатов с натурными измерениями в условиях СПЦ-2 ОАО «БМЗ», по результатам которого анализировались следующие параметры очага деформации:

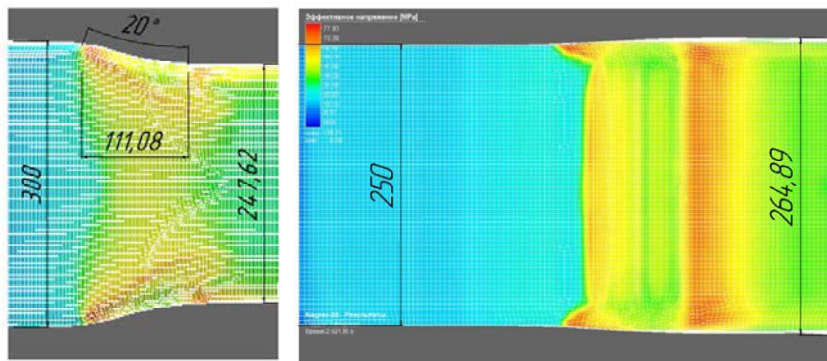
- форма и геометрия переднего конца недоката после клетки № 1 (рис. 2);
- форма и геометрия очага деформации в клетях № 1–3 (рис. 3);
- энергосиловые параметры деформации в клетях № 1–3 (рис. 4).



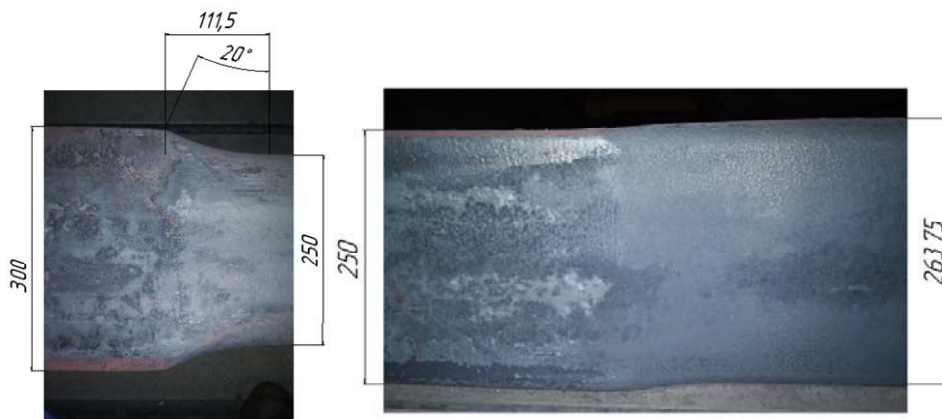
а)

б)

Рис. 2. Форма и геометрия переднего конца недоката после клетки № 1: а – по результатам моделирования; б – по результатам натурных измерений

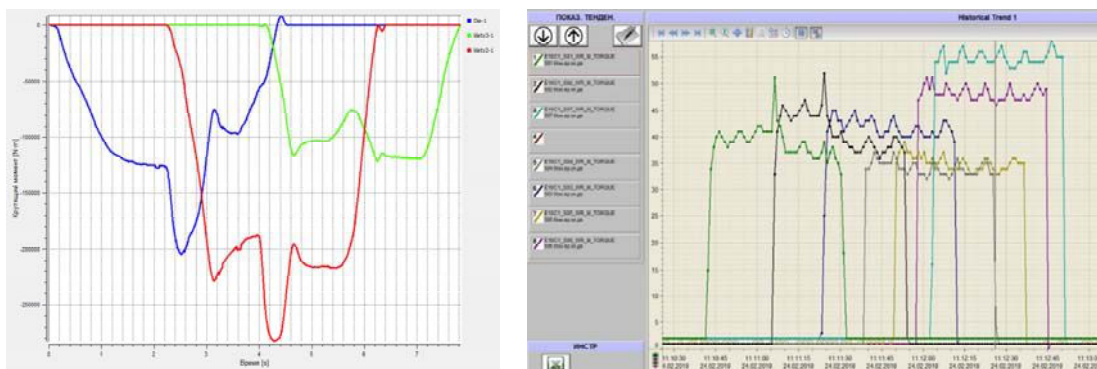


а)



б)

Рис. 3. Форма и геометрия очага деформации в клетях клетки № 1–3:
а – по результатам моделирования; б – по результатам натуральных измерений



а)

б)

Рис. 4. Энергосиловые параметры деформации в клетях клетки № 1–3:
а – по результатам моделирования; б – по результатам натуральных измерений

Величина высотной утяжки определялась по центру калибра и по краям по схеме на рис. 5. Полученные результаты представлены в табл. 3.

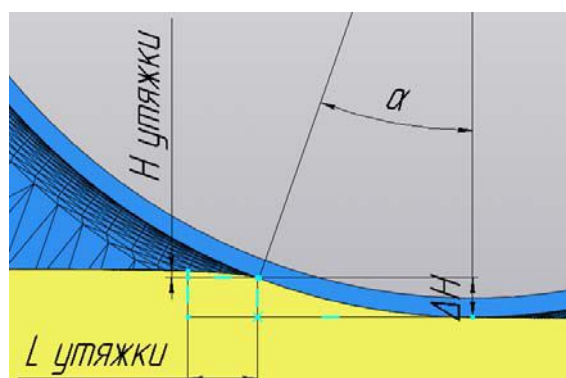


Рис. 5. Схема определения высотной утяжки в клетях № 1–3

Таблица 3

**Результаты численного эксперимента процесса
прокатки в клетях № 1, 2, 3**

Параметры		Клеть № 1	Клеть № 2	Клеть № 3
Высота утяжки, мм,	по дну калибра	2,64	5,39	3,68
	по выпускам	3,12	2,38	2,01
Обжатие факт, мм	теоретическое	50	69,5	58,5
	фактическое	44	58,72	48,5
Длина очага деформации L , мм	теоретическая	125,499	154,285	128,952
	фактическая	118,425	142,844	120,716
Угол прокатки α , град.	теоретический	22,83	25,81	25,99
	фактический	21,54	23,9	23,84
Площадь контакта F_k , мм ²	теоретическая	32890,554	26250,248	20089,956
	фактическая	21143,54/ –35,72 %	20681,284/ –21,22 %	14251,608 –29,06 %

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о существенном (на 35 % и более) влиянии высотной утяжки и формоизменения полосы в предыдущих калибрах на фактические параметры очага деформации.

Заключение

1. Разработана адекватная численная модель процесса сортовой прокатки в клетях № 1–3 стана 370/150, которая позволяет определить точные параметры очага деформации.

2. Рассчитаны и проверены с помощью численной модели уточненные параметры очага деформации полосы в клетях № 1–3 стана 370/150 ОАО «БМЗ».

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ КОМПОЗИТНЫХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ

М. Ф. С. Х. Аль-Камали

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. А. Алексеенко

Современные исследования в области изучения морфологии поверхности сложных структур, дополненные данными о физико-механических свойствах исследуемых локализованных микро- и нанообъектов, наиболее эффективно проводятся методами сканирующей зондовой микроскопии и, в частности, атомно-силовой микроскопии (АСМ) [1]. В случае изучения высокопористых структур, обладающих высокой сорбционной способностью, необходимо проводить специализированную пробоподготовку изучаемых образцов, делая, например, их локальный подогрев в процессе сканирования. Особые требования предъявляются также к рабочему месту оператора, на котором проводятся исследования методом АСМ: регулируемый уровень запыленности, постоянный климат-контроль, отдельное питание и шина заземления приборов, отсутствие вибрационных нагрузок и т. д. В нашем случае все исследования проводились с применением атомно-силового микроскопа белорусского производства модели «Нанотоп NT-206».

В общем случае развитие систем оптических коммуникаций, устройств преобразования солнечной энергии, цифровых средств хранения и использования оптической информации, а также постоянно повышающиеся требования к их характеристикам вызывают необходимость в совершенствовании соответствующей нелинейно-оптической элементной базы, в том числе в создании простых, стабильных и миниатюрных устройств для управления спектральными и спектрально-кинетическими свойствами оптического и нелинейно-оптического излучения. В этом отношении метод АСМ открывает возможности по установлению локальных морфологических параметров функциональных нелинейно-оптических элементов сверхмалого размера. Для исследований методом АСМ были выбраны тонкопленочные золь-гель материалы и высокопористые ксерогели, допированные наночастицами восстановленных металлов. Материалы были приготовлены по методике, описанной в работах [2], [3]. Так, авторами работы [3] приводятся примеры формирования SiO_2 -пленок, включающие в себя приготовление исходного пленкообразующего раствора на основе гидролизата ТЭОС, введение в него растворимого соединения металла, старение и очистку получившегося золя с последующим нанесением его на подложку методом центрифугирования. Термообработка покрытий проводилась при температуре 800–1200 °С, а дополнительная структурирующая обработка в контролируемой газовой среде (аргон, водород), с целью управления фазовым и структурным составом покрытия – при температуре 800 °С [2], [3]. При получении ксерогелей брались герметичные упаковки аэросила А-300, который являлся основой для изготовления монолитных высококремнеземных стекол и высокодисперсных SiO_2 -порошков. Из-за склонности к комкованию такой химический реагент желателен постоянно содержать в герметичной водостойкой упаковке (в нашем случае использовалась полиэтиленовая запаянная упаковка с двойной оболочкой). Из-за высокой сорбционной способности аналогичные требования предъявляются также к заготовкам ксерогелей, применяемым при изготовлении SiO_2 -стекол. Оптимальным условием хранения сформированных ксеро-

гельных заготовок является их содержание в герметичных пластиковых пакетах в эксикаторе, в который добавлен цеолит (для поглощения привносимой из воздуха влаги). При несоблюдении этих требований в процессе спекания стекла будет проходить его вспенивание и ситаллизация, а при изучении пористых ксерогелей, сорбировавших большое количество воды из воздуха – залипание зонда в случае исследования их морфологического состава методом АСМ.

При работе с наночастицами важной и сложной задачей является определение точных геометрических размеров наночастиц и особенностей их структурной локализации. Также с формой частиц связано изменение некоторых их физических и химических постоянных (твердость, температура плавления и др.). Применяемые в настоящее время способы изучения морфологии наночастиц достаточно сложны и избирательны для каждого случая изучения нанообъектов. В общем случае исследование морфологии наночастиц, их оптических и нелинейно-оптических свойств, а также возможности структурной модификации являются достаточно важной задачей, так как с этим связана перспектива разработки различных нанофотонных устройств, работающих с применением конструкционных материалов нового типа.

Полученные наноструктурированные золь-гель материалы обладают рядом уникальных свойств, которые позволяют использовать их для создания функциональных материалов в виде волокон, пленок и композитов с областью практических приложений в нанофотонике, оптическом приборостроении, а также исследованиях, проводимых методами лазерной физики [3]. Особый интерес в этом отношении вызывают технологические приемы «извлечения» наночастиц металлов из формируемых композиционных золь-гель материалов. Существует два пути исследования свойств объемных материалов методом АСМ. Первый заключается в ультразвуковом диспергировании пористых ксерогелей, содержащих наночастицы металлов, с последующим осаждением микроколичества получившейся взвеси на подложку для изучения морфологии разделившихся частиц методом АСМ. Второй состоит в растворении SiO_2 -матрицы (или ее травлении) в химически активном веществе (например, плавиковой кислоте) и последующее исследование обработанной поверхности методом АСМ. Последний метод подходит для изучения особенностей локализации наночастиц металлов, сформированных в структуре монолитных высококремнеземных золь-гель стекол.

Результаты исследований, проведенных для тонкопленочных систем состава $\text{SiO}_2 : \text{Cu}^\circ$, позволили продемонстрировать возможность применения АСМ-метода при изучении морфологических изменений поверхности сформированных композитных SiO_2 -пленок: были получены трехмерные (3D) поверхностные изображения и их гистограммы по распределению микро- и наноразмерных частиц восстановленной меди, формирующей поверхностный слой покрытия [3]. Необходимо отметить, что при получении наноструктурированных золь-гель матриц применялись реагенты химической степени чистоты «осч», контроль температуры обработки материалов осуществлялся с точностью до $0,1^\circ\text{C}$, а также использовался водород с высокой степенью очистки от паров воды. Все эти технологические приемы позволили с высокой воспроизводимостью получать и повторять результаты научных исследований, а также достаточно точно контролировать фазовый и элементный состав веществ-допантов, формируемых в структуре высококремнеземных золь-гель материалов. Наибольшая концентрация веществ-допантов была достигнута для золь-гель пленок,

которые в ряде случаев могли представлять собой двухслойную структуру, поверхность которой формировалась сегрегировавшим слоем соединений металлов [3].

В перспективе одним из вариантов оптических материалов, используемых для управления процессом генерации лазерного излучения, могут являться высококремнеземные стекла, одновременно допированные ультрадисперсными частицами полупроводников и металлов. В качестве допантов таких фаз в неорганических стеклах перспективны халькогениды тяжелых металлов, а также германатные комплексы, активированные Ag, Au и Cu (так как эти металлы обладают выраженными полосами плазмонного резонанса в ближней УФ- и видимой областях спектра). Другим типом материалов, представляющих значительный интерес, являются оптически прозрачные матрицы (на основе ксерогелей), содержащие молекулы органических красителей и наночастицы металлов. Высокая эффективность и селективность поглощения света и участие молекул красителя в процессах переноса электронного возбуждения в матрице открывают новые возможности для управления лазерным излучением. В этом отношении использование золь-гель метода позволяет получать экспериментальные результаты, имеющие важное теоретическое и прикладное значение в области разработки новых лазерных систем и технологий. Для решения возникающих научных и прикладных задач в этом направлении используется молекулярная и лазерная спектроскопия высокого и сверхвысокого разрешения, базирующаяся на новых эффектах и закономерностях взаимодействия оптического излучения с веществом, что требует получения и изучения новых типов оптически активных материалов, обладающих управляемыми оптическими и нелинейно-оптическими (плазмонными) эффектами.

В результате выполнения этапа пробоподготовки, описанной выше, становится возможным определение методом АСМ размеров наночастиц, при которых достигается наибольшее усиление электрического поля поверхностных плазмонов и, как результат, наибольшее усиление линейных и нелинейных оптических процессов, таких как фотолюминесценция, комбинационное рассеяние света, самофокусировка лазерного пучка и т. д. В конечном итоге, на основании полученных данных, предполагается установить условия формирования оптически однородных стекол требуемых геометрических размеров и с воспроизводимыми оптическими свойствами. Практическая значимость результатов таких исследований состоит в возможности получения нового класса нанокompозитных материалов с повышенной лучевой прочностью для использования в качестве нелинейно-оптических сред, сенсоров, оптических переключателей и матриц для оптической записи информации. Предполагаемая область прикладного применения изучаемого вида стекол, порошков и пленок содержащих наночастицы благородных металлов – новые конструкционные материалы для оптоэлектроники, фотоники и плазмоники.

Л и т е р а т у р а

1. Миронов, В. Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии / В. Л. Миронов. – М. : Техносфера, 2004. – 144 с.
2. Galikhanov, M. F. Elektret effect in Compounds of Polystyrene with Aerosil / M. F. Galikhanov, D. A. Ereemeev, R. Y. Deberdeev // Russian Journal of Appl. Chem. – 2003. – № 10. – С. 1651–1654.
3. Особенности получения и свойства кварцевых золь-гель стекол, содержащих наночастицы восстановленных металлов / А. А. Алексеев [и др.] // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – Гомель, 2016. – № 1. – С. 52–60.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КАЛИБРОВКИ ВАЛКОВ С ЯЩИЧНЫМИ КАЛИБРАМИ ЧЕРНОВОЙ ГРУППЫ КЛЕТЕЙ СТАНА 370/150 ОАО «БМЗ»

А. В. Стрельченко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель И. В. Астапенко

Цель работы: усовершенствовать геометрию ящичных калибров валков в клетях № 1–3 стана 370/150 с целью повышения стойкости калибров и ресурса эксплуатации валков.

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

- разработка численной модели сортовой прокатки в черновых клетях № 1–3 стана 370/150;
- анализ полученных результатов моделирования, сопоставление данных с реальным процессом. Вывод по адекватности разработанной модели;
- исследование с помощью адекватной численной модели характера заполнения ящичных калибров в черновой группе клетей стана 370/150;
- исследование с помощью численной модели усовершенствованной геометрии калибров клетей № 1–3. Выводы и рекомендации производству.

Ящичные калибры обладают высокой захватывающей и деформирующей способностью, обеспечивают отличную устойчивость полосы в калибре без нагрузки на привалковую арматуру. Наиболее эффективно их применение при прокатке высоких полос с большими и средними сечениями. Основные недостатки – большая глубина вреза и термоциклическое разрушение выпусков калибров. Высота и угол выпуска определяется условием устойчивости полосы в калибре и обеспечением 4-точечного захвата выпусками. Определение оптимальной высоты выпуска ящичных калибров для клетей № 1–3 стана 370/150 СПЦ-2 ОАО «БМЗ» – цель этой работы.



Рис. 1. Переточка валка с ящичным калибром клетки № 1 стана 370/150 ОАО «БМЗ»

При производстве проката в условиях стана 370/150 из заготовки 300×250 в черновой группе клетей используют универсальную калибровку, независимо от размера готового профиля. В клетях № 1–3 применяются ящичные калибры по формуле «квадрат – прямоугольник – квадрат». Для определения эффективности калибровки в клетях № 1–3 была построена численная модель прокатки в соответствии с действующими условиями прокатки (табл. 1) и геометрией калибров (рис. 2).

Исходные данные для численного моделирования процесса прокатки

Параметры	Клеть № 1	Клеть № 2	Клеть № 3
Диаметр бочки валка, мм	850	850	750
Диаметр валка по дну калибра, мм	630	685	568,5
Глубина вреза калибра, мм	110	82,5	90,75
Частота вращения валка, об./мин	4,94	5,987	8,596
Высота полосы H_0 , мм	300	264,5	265
Высота полосы H_1 , мм	250	195	206,5
Обжатие полосы ΔH , мм	50	69,5	58,5

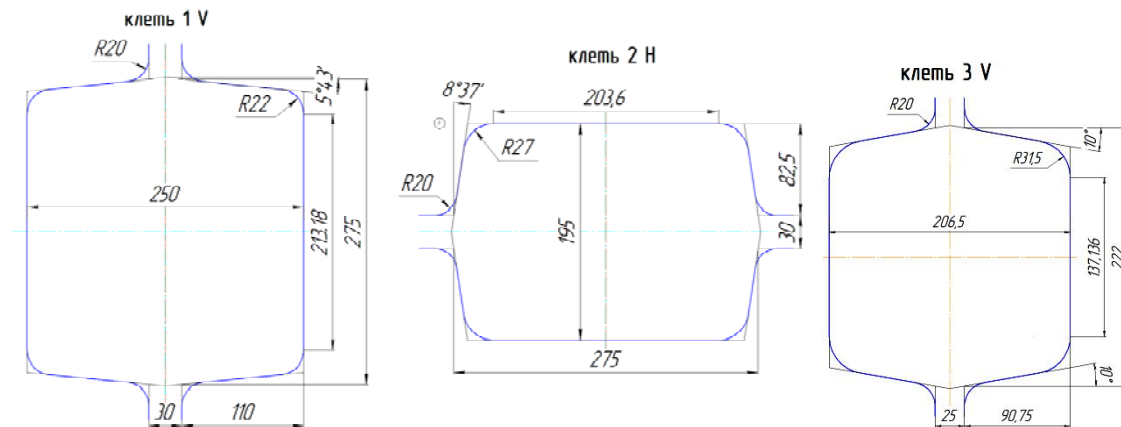


Рис. 2. Геометрия ящичных калибров клетей № 1–3

Результаты численного эксперимента. С помощью построенной численной модели прокатки в клетях № 1–3 был поставлен эксперимент, по результатам которого анализировались следующие показатели заполнения металлом раската поперечного сечения калибра на выходе из очага деформации (табл. 2):

- высота подъема металла по верху калибра h_v , мм;
- высота подъема металла по низу калибра h_n , мм;
- высота выпуска до радиуса калибра h_k , мм.

Таблица 2

Параметры заполнения калибров валков № 1–3

Параметры	Высота подъема металла по верху калибра h_v , мм	Высота подъема металла по низу калибра h_n , мм	Высота выпуска до радиуса калибра h_k , мм
Калибр № 1	52,85	53,19	89,5
Калибр № 2	46,25	46,65	62,5
Калибр № 3	48,5	49,30	70,15

Характер заполнения калибров № 1–3 представлен на рис. 3. Очевидно, что высота вреза каждого калибра больше требуемой пластическому течению металла в поперечном направлении. Это снижает ресурс эксплуатации валков вследствие меньшего числа переточек. Наличие большого холодного выпуска приводит к значительным термоциклическим напряжениям – это снижает стойкость калибра к термоциклическим трещинам на боковых гранях калибра.

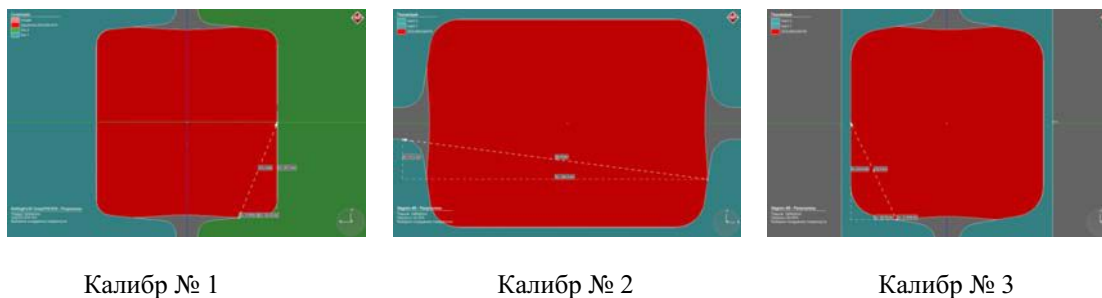


Рис. 3. Заполнение металлом калибров № 1–3 на выходе из очага деформации

Анализ полученных результатов позволяет сделать однозначный вывод о возможности уменьшения высоты вреза для каждого из трех калибров. Определив по высоте холодного выпуска величину уменьшения вреза, была рассчитана усовершенствованная калибровка для валков клетей № 1–3. Параметры расчетов представлены в табл. 3.

Таблица 3

Предлагаемые изменения в калибровке валков клетей № 1, 2, 3

Параметры	Клеть № 1	Клеть № 2	Клеть № 3
Диаметр валка по дну калибра валка, мм	690	700	589
Глубина вреза калибра, мм	80	75	70
Межвалковый зазор, мм	90	45	66,5
Частота вращения, об/мин	4,51	5,83	8,644

В соответствии с предлагаемыми параметрами была построена модель и выполнен численный эксперимент. Высота холодного выпуска составила:

- 3,1 мм для калибра № 1 (33,21 мм);
- 7,9 мм для калибра № 2 (8,05 мм);
- 1,8 мм для калибра № 3 (19,95 мм).

В калибре № 2 холодный выпуск оказался значительным. Следовательно, возможно уменьшение глубины вреза на 5 мм до 70 мм.

Заключение. Разработана адекватная численная модель процесса сортовой прокатки в черновых клетях № 1–3 стана 370/150, которая позволяет определить эффективность геометрии калибров по заполнению. Рассчитана и проверена с помощью численной модели усовершенствованная калибровка валков клетей № 1–3 стана 370/150 ОАО «БМЗ».

**ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ СДВОЕННОГО КАБЕСТАНА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ****И. А. Цырганович***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Ю. В. Мартьянов

Использование сдвоенного кабестана улучшает прямолинейность металлокорда и снижает отклонение от формы резинового полотна с армирующим слоем из такого металлокорда. Конструктивные особенности работы узла сдвоенного кабестана приводят к выходу его из строя, что приводит к частым ремонтам оборудования и снижению производительности.

Цель: провести анализ конструкции сдвоенного кабестана с использованием компьютерного моделирования и выработать проектное решение для внедрения.

Для сохранения конкурентоспособности получаемого металлокорда требуется постоянное совершенствование в области применяемых материалов и в процессах волочения проволоки и свивки металлокорда. Одним из таких совершенствований является модернизация используемого оборудования. Это касается машины свивки металлокорда *Ri-10M*. Особенностью модернизированной машины *Ri-10M* является скручивание в один этап. Если в стандартной версии машины *Ri-10* сердечник свивался отдельно от остальных прядей, то в модернизированной машине происходит одновременно свивка всех элементов металлокорда.

В отличие от машины *Ri-10*, в модернизированной машине используется сдвоенный кабестан, который состоит из двух галет разных диаметров. Галета с меньшим диаметром имеет плотную посадку на вал через шпонку, в то время как галета с большим диаметром имеет посадку через подшипники и получает крутящий момент через систему фрикционов. Разные диаметры галет, закрепленных на валу, позволяют получить разные линейные скорости на их поверхности, что в свою очередь позволяет создавать дополнительное натяжение и получать металлокорд с более плотной конструкцией, а система фрикционов позволяет автоматически подстраивать скорость для предотвращения разрыва металлокорда.

Поскольку модернизация сдвоенного кабестана вносит изменения в нагрузки на узел, а также на их распределения, то основной задачей является расчет конструкции узла сдвоенного кабестана с использованием компьютерного моделирования. 3D-модель узла натяжения сдвоенного кабестана представлена на рис. 1.

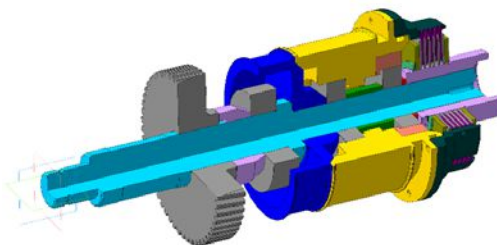


Рис. 1. Трехмерная модель узла натяжения сдвоенного кабестана

Основными элементами расчета являются: вал, подшипниковые опоры вала, а также зубчатое колесо вала, через которое происходит передача крутящего момента.

Для определения реакции опор и изгибающих моментов на валу, а также для построения эпюр была использована стандартная методика расчета эквивалентной балки на статические нагрузки. Построенная эпюра изгибающих моментов, реакции опор представлены на рис. 2.

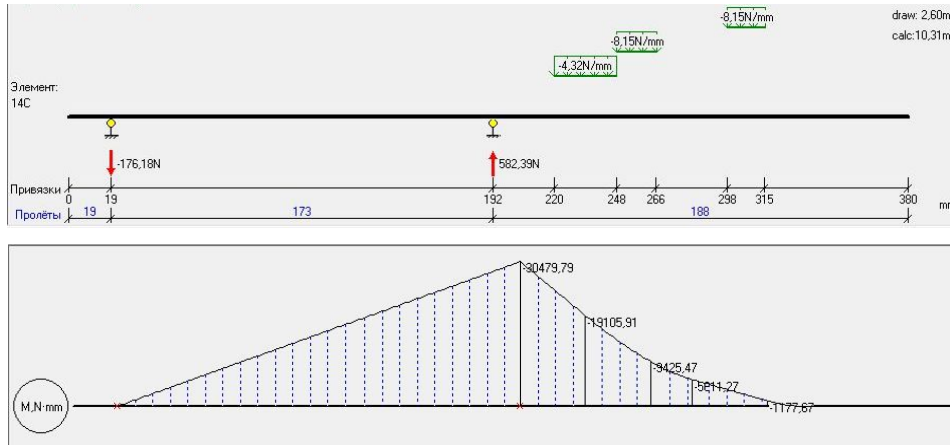


Рис. 2. Эпюра изгибающих моментов, реакции опор

Из рис. 2 видно, что наиболее нагруженной является центральная опора.

Поскольку вал закреплен на подшипниковые опоры, то были проведены их расчеты в соответствии с ГОСТ 18854–2013 и ГОСТ 18855–2013. Технические характеристики подшипниковых опор узла кабестана представлены в табл. 1. Полученные данные после расчета показаны в табл. 2.

Таблица 1

Технические характеристики подшипниковых опор узла кабестана

Обозначение	Размеры, мм			Грузоподъемность, Н		Масса, кг
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	динамическая	статическая	
160509	45	85	23	18600	33200	0,51
50206	30	62	16	10000	19500	0,197

Таблица 2

Расчетные данные подшипниковых опор

Наименование подшипника	Эквивалентная динамическая нагрузка <i>P</i> , Н	Расчетный ресурс подшипника <i>L_h</i> , ч	Расчетная грузоподъемность <i>S_{расч}</i> , Н
160509	845,63	749392	1967,71
50206	255,81	4206870	10626,59

Расчет подшипниковых опор показал, что по уровню надежности и расчетному ресурсу подшипник соответствует эксплуатационным требованиям.

При расчете цилиндрической эвольвентной косозубой передачи внешнего зацепления был произведен расчет с использованием двух методов. Это расчет геометрических параметров в соответствии с ГОСТ 16532–70 и расчет на прочность и выносливость теоретическим методом в соответствии с ГОСТ 21354–87.

По запасу прочности при расчете на контактную выносливость зубчатое колесо соответствует эксплуатационным требованиям, так как запас прочности при расчете на контактную выносливость больше минимального коэффициента контактной выносливости, установленного в соответствии с ГОСТ 21354–87 ($\eta_c = 1,38 > S_{H1} = 1,2$).

По запасу прочности зубчатое колесо соответствует эксплуатационным требованиям, так как запас прочности больше минимального коэффициента запаса прочности, установленного в соответствии с ГОСТ 21354–87 ($\eta_{ст} = 3,97 > \sigma_{H1} = 2,5$).

По коэффициенту осевого перекрытия зубчатое колесо не соответствует требуемым нормам, так как полученный коэффициент осевого перекрытия, меньше требуемого, установленного ГОСТ 16532–70. Коэффициент осевого перекрытия, должен являться целым числом или максимально к нему приближенным.

В связи с тем что рассчитанный коэффициент осевого перекрытия не соответствует рекомендуемому, было предложено увеличить ширину венца зубчатого колеса. Суммарная длина контактных линий будет все время оставаться постоянной, что благоприятно для работы передачи, так как нагрузка на зубья в процессе зацепления будет оставаться постоянной, а шум и динамические нагрузки уменьшатся. Поскольку рекомендуемый коэффициент осевого перекрытия $\varepsilon_p \geq 1,0$ то требуемый размер зубчатого венца колеса b_w , мм, будет равен: 31 мм.

На основании полученных данных был проведен перерасчет зубчатого колеса с учетом полученной ширины венца $b_w = 31$ мм. Полученные данные были занесены в табл. 4 для сравнения.

Таблица 3

Таблица сравнения данных

b_w , мм	Запас прочности при расчете на контактную выносливость	Запас прочности при действии максимального момента	Запас прочности при изгибе	Запас прочности при изгибе максимальной нагрузкой
25	1,38	2,83	2,05	3,97
31	1,46	3,05	2,56	4,95

Данное решение позволяет увеличить запас прочности в среднем на 15 %, а также снизить негативное воздействие на зубчатое колесо во время эксплуатации.

По результатам исследования построена компьютерная трехмерная модель сдвоенного кабестана, определена схема нагрузок на вал узла кабестана, рассчитаны реакции опор и прогнозный ресурс подшипников, определены коэффициенты запаса прочности зубьев зубчатого колеса, выявлено слабое место в конструкции узла кабестана, предложена оптимизация конструкции (увеличить ширину зубчатого венца на 6 мм), теоретическим методом рассчитаны параметры зубчатого колеса с учетом оптимизации.

Литература

1. ГОСТ 18854–2013 – Подшипники качения. Статическая грузоподъемность. – М. : Стандартинформ, 2014.
2. ГОСТ 18855–94 – Подшипники качения. Динамическая расчетная грузоподъемность и расчетный ресурс (долговечность). – М. : Стандартинформ, 2009.
3. ГОСТ 16532–70 – Передатки зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрии. – М. : Гос. стандарт союза ССР, 1970.
4. ГОСТ 21354–87. – Передатки зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность. – М. : Гос. стандарт союза ССР, 1989.

**МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ
ПОВЕРХНОСТИ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ПОКРЫТИЙ
НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ КРЕМНИЯ**

П. С. Яночкин, А. С. Русыкин, М. И. Москвичев

*Учреждение образования «Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины», Республика Беларусь*

Научный руководитель В. Е. Гайшун

Введение. Золь-гель процесс является базисом для перспективной и развивающейся технологии изготовления различных функциональных материалов: порошков, покрытий, керамики, стекол – которые могут быть использованы в различных областях производственной и научной деятельности. Оптика, оптоэлектроника, наноэлектроника, металлургия, медицина – это лишь некоторые направления возможного применения материалов, полученных золь-гель методом.

В ходе работы была отработана золь-гель методика приготовления пленкообразующих растворов на основе органических соединений кремния, исследована зависимость времени созревания золя от исходного состава, влияние типа катализатора на созревание и стабильность золя, а также исследована поверхность полученных тонкопленочных покрытий с помощью сканирующего зондового микроскопа Solver P47.

Методика эксперимента и его результаты. В очищенном мерном стакане смешивали тетраэтилортосиликат (ТЭОС) и абсолютный этиловый спирт (99,5 %). Полученную смесь перемешивали до полного растворения ТЭОС в этиловом спирте. В другом мерном стакане смешивали дистиллированную воду и катализатор – кислоту до полного растворения. Затем содержимое стаканов смешивали. В результате экзотермической реакции гидролиза содержимое стакана нагревается до 50–60 °С. Через 40–60 мин смесь остывала до комнатной температуры. Полученный золь выдерживали при комнатной температуре для созревания последнего в течение 1–3 недель.

Как известно, пленкообразующий раствор обладает способностью формировать прочные и однородные покрытия только после определенного времени выдержки. Это время зависит непосредственно от состава и соотношения компонент. Во время «созревания» золя в нем протекают одновременно (при кислотном катализаторе) процессы гидролиза и поликонденсации [1]. Скорость протекания этих реакций существенно зависит от состава золя. Поэтому влияние мольного отношения анализировалось на основании изучения поведения зольей различного состава после их выдержки при комнатной температуре. При увеличении времени созревания золя толщина пленок увеличивается и составляет величину в диапазоне 0,1–0,2 мкм.

Вязкость раствора, подвергающегося гидролизу и поликонденсации, зависит от времени и связана с размером частиц. Чем больше молекулы, тем выше вязкость. Таким образом, любое изменение параметров переработки, которое вызывает рост видимого размера частиц, повышает вязкость [2]. Например, золь-гельные образцы

кремнезема с катализатором-кислотой имеют более высокую вязкость растворов, чем нейтральные или с катализатором-основанием. В табл. 1 представлена зависимость времени созревания раствора от исходного состава золя.

Свежеприготовленный раствор, совершенно свободный от следов кислоты, при нанесении его на поверхность стекла испаряется без всякого осадка. Только после созревания растворы становятся годными для образования пленок.

Таблица 1

**Зависимость времени созревания раствора
от исходного состава золя**

Моль H ₂ O/Моль ТЕОС	Время созревания раствора
10,8	менее 3 ч
6,2	12 ч
4,0	24 ч
2,7	5 дней
2,0	15 дней
1,6	20 дней

Процесс созревания этих растворов может длиться от нескольких часов до нескольких месяцев. Время созревания раствора может быть сокращено введением в растворы катализаторов – незначительных добавок кислот, аммиака или органических аминов (пиридина, анилина и т. д.). Наличие кислоты в растворе определяет не только скорость процесса созревания, но и качество получаемых пленок (табл. 2).

Таблица 2

**Зависимость качества поверхности пленки
от содержания кислоты в растворе**

Содержание HNO ₃ , мл/100 мл раствора	Качество пленки через 24 ч созревания раствора
0,01	Неравномерная
0,05	Неравномерная
0,1–0,5	Равномерная
0,8	Неравномерная
1,00	Отдельные включения

На длительность созревания растворов оказывают влияние катализаторы – различные виды кислот (табл. 3). При одинаковом значении рН скорость созревания и их свойства в присутствии различных кислот различны. Например, введение растворов HF ускоряет созревание пленкообразующих растворов, но при этом они становятся нестабильными: наблюдается опалесценция, изменение вязкости раствора и гелеобразование. Замечено также, что добавки раствора HCl увеличивают адгезию кремнеземных пленок к поверхности стекла.

Влияние типа катализатора на созревание и годность раствора

Вводимая кислота	Созревание раствора, ч	Годность раствора
HCl	6	Стабильный в течение месяца
H ₂ SO ₄	120	Стабильный в течение месяца
HNO ₃	48	Стабильный в течение месяца
CH ₃ COOH	120	Через месяц – опалесценция

Введение в пленкообразующий раствор вместо кислоты аммиака или органических аминов приводит к изменению структуры пленок. Добавление аммиака позволяет получить пленки кремнезема с повышенной пористостью и меньшим показателем преломления ($n = 1,36-1,38$ вместо обычного $n = 1,44$ в присутствии кислоты). Это способствует уменьшению отражения света от поверхности стекла.

Готовые золи наносили на заранее подготовленные подложки из кремния и кварцевого стекла методом центрифугирования. После нанесения полученные образцы помещали в муфельную печь для пошаговой термообработки на воздухе от 100 до 450–500 °С. Процесс высыхания начинается на поверхности покрытия. Для обеспечения свободного удаления паров растворителей из нижележащих слоев процесс сушки ведется поэтапно.

В рамках проведенной работы методом атомно-силовой микроскопии были исследованы поверхности золь-гель пленок, приготовленных из золь на основе тетраэтилортосиликата и винилтриэтоксисилана. Изображения были получены с помощью сканирующего зондового микроскопа Solver P47.

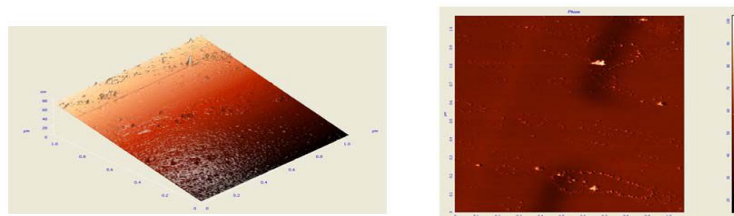


Рис. 1. АСМ-изображение и распределение фаз поверхности пленки, приготовленной на основе тетраэтилортосиликата

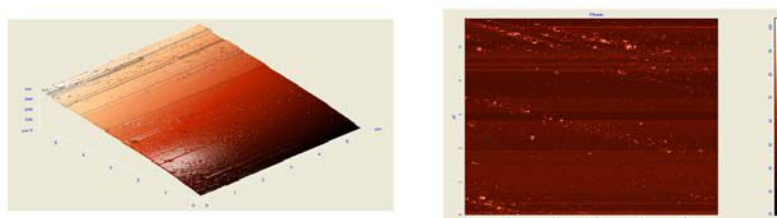


Рис. 2. АСМ-изображение и распределение фаз поверхности пленки, приготовленной на основе винилтриэтоксисилана

Покрyтия являются сплошными на ровной поверхности кремния и на поверхности со сложным профилем (рис. 1 и 2). Фазовый анализ показывает, что покрyтия являются однородными по всей сканируемой поверхности пленки (рис. 1 и 2).

Заклyчение. Отработана методика приготовления стабильных пленкообразующих растворов и получения тонкопленочных композиций на основе органических соединений кремния. Исследованы поверхности покрyтий, приготовленных из зольей на основе тетраэтилортосиликата.

Полученные в результате работы данные положены в основу дальнейшего изучения методики формирования тонкопленочных золь-гель покрyтий. Полученные SiO₂ золь-гель покрyтия могут найти свое применение в оптике и оптоэлектронике.

Л и т е р а т у р а

1. Шабанова, Н. А. Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем / Н. А. Шабанова, П. Д. Саркисов. – М. : Бином. Лаб. знаний, 2012. – 238 с.
2. Гапоненко, Н. В. Пленки, сформированные золь-гель методом на полупроводниках и мезопористых матрицах / Н. В. Гапоненко. – Минск : Беларус. наука, 2003. – 136 с.

СЕКЦИЯ III ЭНЕРГЕТИКА

MATLAB SIMULINK MODEL OF A PHOTOVOLTAIC CELL

Shah Syed Zameer Hussain

Sukhoi State Technical University of Gomel, Belarus

Science supervisor D. I. Zalizny

The purpose of the research is to make Simulink model of a photovoltaic cell (PV-cell) allowing to calculate both voltage and current generated by the PV-cell.

A PV-cell is a specialized semiconductor diode that converts the sun light into direct current (DC). Large sets of PV-cells can be connected together to form solar modules, arrays, or panels.

PV-cells convert the sun's energy into electricity. Whether they are used in our calculator or orbiting our planet on satellites or airplanes, ships and know a day's everywhere in the world, they rely on the photoelectric effect: the ability of matter to emit electrons when a light is shone on it.

Silicon is what is known as a semi-conductor, meaning that it shares some of the properties of metals and some of those of an electrical insulator, making it a key ingredient in solar cells.

Sunlight has particles called photons, which radiate from the sun. When these photons hit the silicon atoms of the solar cell, they transfer their energy to loose electrons, knocking them clean off the atoms. Freeing up electrons is however only half the work of a solar cell: it then needs to herd these stray electrons into an electric current. This involves creating an electrical imbalance within the cell, which acts a bit like a slope down which the electrons will flow in the same direction. This imbalance is made possible by the internal organization of silicon. Silicon atoms are arranged together in a tightly bound structure. By squeezing small quantities of other elements into this structure, two different types of silicon are created: n-type, which has spare electrons, and p-type, which is missing electrons, leaving «holes» in their place.

MATLAB Simulink – is very famous soft allowing to present researches both in mathematical style and electrical style. It contains a lot of program libraries, as a SimPowerSystems for power engineering purposes. Unfortunately this library hasn't got any embedded standard blocks for solar stations calculating. It is not useful and it needs to be improved.

There are a lot of MATLAB Simulink models of PV systems in science literature. For example [1]–[3].

In [3] is considered model of PV module made using SimPowerSystems library (Fig. 1). This model contains these blocks: Anode, Cathode, Controlled Current Source, Voltage measuring meter, Bypass Diode, S-Function Builder and two input parameters – $S1$ for solar irradiation and T for temperature. The S-Function Builder block contains a program realizing calculation algorithm allowing to use standard formula for volt-ampere characteristic of PV-cell:

$$I_d = I_0 \left(e^{\frac{qV}{K_B T}} - 1 \right) - I_{ph}, \quad (1)$$

where I_d – is the current through p-n junction; I_0 – is the saturation current of p-n junction; q – is the charge of one electron; V – is the voltage generated by PV-cell; K_B – is Boltzmann constant; T – is the temperature of p-n junction and I_{ph} – is the photovoltaic current.

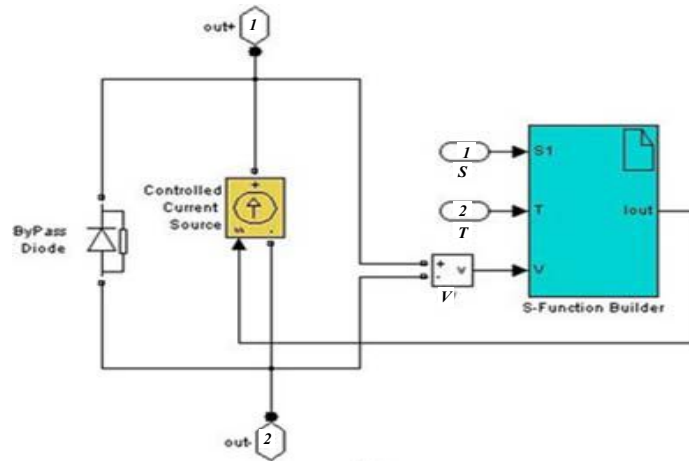


Fig. 1. Existing MATLAB Simulink model of a photovoltaic cell

The photovoltaic current I_{ph} is generated by PV-cell while the solar irradiation is not zero. Approximately this current may be calculated with formula:

$$I_{ph} = K \cdot S, \tag{2}$$

where K – photovoltaic coefficient; S – solar irradiation.

To present formulas (1)–(2) in electrical style globally is used equivalent scheme allowing modulate volt-ampere characteristics of a single PV-cell (Fig. 2).

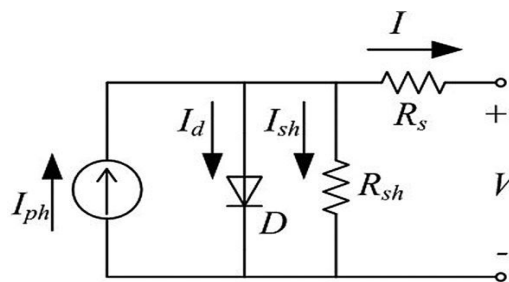


Fig. 2. Equivalent scheme of a single solar cell

This scheme contains: current source for photovoltaic current; diode for the current through p-n junction; R_{sh} – the shunt resistance in real conditions; R_s – is the series resistor in real conditions; V – the output voltage and I – is the output current.

The disadvantage of the existing model presented in Fig. 1 is it contains only two input parameters that are Temperature and Solar Irradiation. This model did not allow to correct parameters of PV-cell usefully. Also this model did not allow to change values of R_{sh} and R_s in electrical style.

After our research we have made our own model of PV-cell using MATLAB Simulink (Fig. 3).

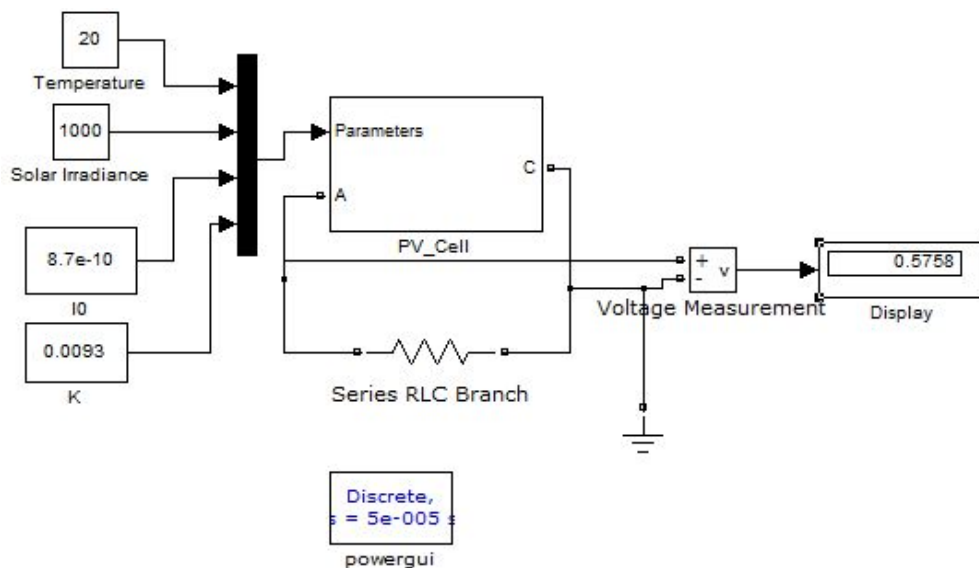


Fig. 3. MATLAB Simulink Model of a PV-cell developed by us

For our model we use four input parameters. Two of them are variable (temperature and solar irradiation) and two are constant (I_0 and K). The values of I_0 and K depend on type of PV-cell.

Block “PV_Cell” is a subsystem what contains both mathematical and electrical blocks calculating volt-ampere characteristic of PV-cell by using formulas (1)–(2).

To calculate I_0 and K parameters we have made experimental measuring with solar module “OSP XTP 250”. These parameters we should use as a constant parameters for concrete type of PV-cell.

Our model allows to assemble many of PV-cells (60 cells for “OSP XTP 250” for example). Using the developed model we can make the model of the solar power station and calculate its generated voltage current and efficiency by the time.

Also our model allows to imitate damages into the solar cells to analysis results for solar modules and solar power stations.

To check developed model it needs to get some experimental volt-ampere characteristics.

Literature references

1. MATLAB Simulink Based Modelling of Solar Photovoltaic Cell / T. Salmi [et al.] // INTERNATIONAL JOURNAL of RENEWABLE ENERGY RESEARCH. – 2012. – № 2. – P. 213–218.
2. A MATLAB Simulink-Based Photovoltaic Array Model Employing SimPowerSystems Toolbox / S. Sais [et al.] // JOURNAL of Energy and Power Engineering. – 2012. – № 6. – P. 1965–1975.
3. A MATLAB Simulink Based PV Module Model and its Application under Conditions of Nonuniform Irradiance / K. Ding [et al.] // IEEE TRANSACTIONS ON ENERGY CONVERSION. – 2012. – Vol. 27, № 4. – P. 864–872.

ТРИГЕНЕРАЦИЯ ЭНЕРГИИ В ТУРБОДЕТАНДЕРНЫХ ФРЕОНОВЫХ УСТАНОВКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НА СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРАХ

А. И. Аршуков, П. А. Ковальчук

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель А. В. Овсянник

Одним из основных направлений энергосбережения является максимальное использование низкопотенциального тепла, которое в больших количествах сбрасывается в окружающую среду; решение данной проблемы можно осуществить с помощью тригенерационных установок [4].

В качестве рабочего тела турбодетандерного цикла используется озонобезопасный фреон R410a. Выбор низкокипящего рабочего тела (НКРТ) обусловлен недостаточностью внимания к рассмотрению установок, работающих на основе невзрывобезопасных и озонобезопасных фреонов [1].

Целью работы является определение эксергетического КПД турбодетандерной теплоутилизационной установки, работающей на сверхкритических параметрах рабочего тела, и сравнение полученных данных с данными этой же установки, работающей на докритических параметрах рабочего тела.

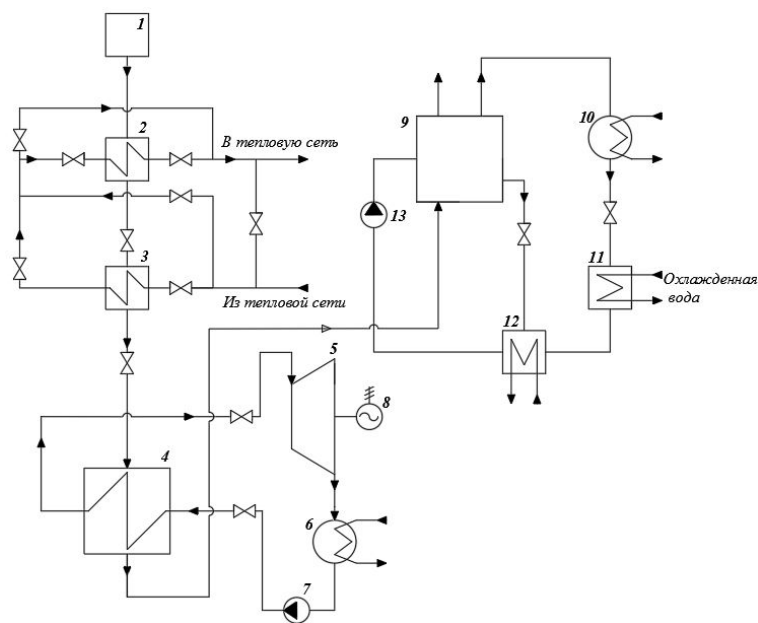


Рис. 1. Тригенерационная установка на базе турбодетандера и АБТТ:

- 1 – источник ВЭР; 2, 3 – теплообменник; 4, 11 – испаритель;
5 – турбодетандер; 6, 10 – конденсатор; 7, 13 – насос;
8 – электрогенератор; 9 – генератор АБТТ; 12 – абсорбер

Принцип работы установки следующий: теплота от ВЭР подается на сетевые подогреватели, где получается тепло в виде горячей воды, и отправляется потребителю, далее ВЭР направляются на испаритель турбодетандера, где происходит кипение НКРТ, пары НКРТ отправляются на турбину, в которой происходит расширение

перегретого хладагента до насыщенного состояния и получение электрической энергии. Насыщенный пар после турбины поступает в конденсатор, где происходит конденсация паров хладагента, затем рабочее тело поступает в насос и цикл замыкается. После турбодетандера отработавшие ВЭР направляются на генератор АБТТ для получения холода, в виде воды с температурой 4–5 °С.

Для проведения эксергетического анализа нам понадобятся значения энтропии и энтальпии реперных точек цикла [3]. Для получения этих значений построим цикл установки в t - s -диаграмме.

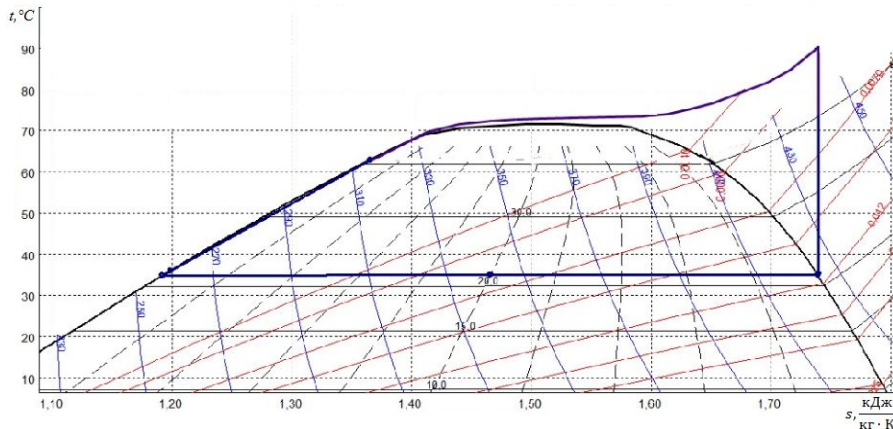


Рис. 2. Диаграмма t - s для фреона R410a с прямым циклом на сверхкритических параметрах

Для проведения эксергетического анализа примем следующие допущения: температура окружающей среды составляет $t_{о.с} = 20$ °С, количество и температура ВЭР, достаточные для обеспечения необходимого температурного напора, при котором температура паров фреона на выходе из испарителя составит 75 °С. Для обеспечения наглядности полученных данных зададимся еще двумя значениями температуры паров фреона на выходе из испарителя, а именно: 80 и 90 °С. Данные значения выбраны для расчета сверхкритических параметров нагрева и давления выше $p_{кр} = 4,9$ МПа.

Построив цикл утилизационной установки в t - s -диаграмме для R410a (рис. 2), получим следующие данные для проведения эксергетического анализа (табл. 1).

Таблица 1

Исходные данные для проведения эксергетического анализа

Наименование параметра	Обозначение	Значение для 75 °С	Значение для 80 °С	Значение для 90 °С
Температура окружающей среды	$t_{о.с},$ °С	20		
Температура ВЭР на входе в испаритель	$t'_{ВЭР},$ °С	170		
Температура ВЭР на выходе из испарителя	$t''_{ВЭР},$ °С	85		
Температура фреона после испарителя	$t''_{ха},$ °С	75	80	90
Температура фреона после конденсатора	$t'_{ха},$ °С	35	35	35
Энтальпия фреона в начале расширения	$h_5,$ кДж/кг	442,34	444,5	450,1

Окончание табл. 1

Наименование параметра	Обозначение	Значение для 75 °С	Значение для 80 °С	Значение для 90 °С
Энтальпия фреона в конце расширения	h'_s , кДж/кг	425,73		
Энтропия процесса расширения	s_s , кДж/кг · К	1,7469		
Действительная энтропия в конце расширения	$s_{5д}$, кДж/кг · К	1,7544		

Таблица 2

Результаты эксергетического анализа теплоутилизационной установки

Наименование параметра	Обозначение	Значение для 75 °С	Значение для 80 °С	Значение для 90 °С
Эксергетическая температура ВЭР	$\tau_{ВЭР}$	0,84	0,84	0,84
Эксергетическая температура фреона	$\tau_{ха}$	0,63	0,65	0,66
Эксергетический КПД испарителя	$\eta_{исп}$	0,75	0,77	0,78
Коэффициент использования эксергии	R	0,004	0,0041	0,004
Относительная потеря эксергии в испарителе	$\xi_{исп}$	0,25	0,23	0,22
Относительная потеря эксергии в детандере	$\xi_{дет}$	0,012	0,013	0,014
Относительная потеря эксергии в конденсаторе	$\xi_{конд}$	0,03	0,03	0,04
Эксергетический КПД установки	$\eta_{уст}$	0,51	0,52	0,53

Эксергетический анализ показывает, что установки по утилизации низкопотенциального тепла, работающие на невзрывобезопасном и озонобезопасном низкокипящем рабочем теле, обладают высоким потенциалом повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов.

По полученным результатам можно сделать вывод о том, что использование НКТР в турбодетандерных фреоновых установках актуально на сверхкритических параметрах в сравнении с докритическими, что подтверждается эксергетическим анализом.

Литература

1. Экономическая эффективность утилизации низкопотенциальных вторичных энергетических ресурсов посредством установки турбины на низкокипящем рабочем теле / А. Л. Шубенко [и др.] // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2010. – № 6. – С. 12–22.
2. Гринман, М. И. Перспективы применения энергетических установок малой мощности с низкокипящими рабочими телами / М. И. Гринман, В. А. Фомин // Энергомашиностроение. – 2006. – № 1. – С. 63–69.
3. Бродянский, В. М. Эксергетический метод термодинамического анализа / В. М. Бродянский. – М.: Энергия, 1973. – 182 с.
4. Клименко, А. В. Схемы тригенерационных установок для централизованного энергоснабжения / А. В. Клименко, В. С. Агабабов, И. П. Ильина // Теплоэнергетик. – 2016. – № 6. – С. 36–43.

СИСТЕМА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ЖИЛОМ ДОМЕ

Ы. М. Базаров

Государственный энергетический институт Туркменистана, г. Мары

Научный руководитель А. Я. Джумаев

Стоимость энергии или тепла, получаемого за счет использования солнечных установок, в значительной мере зависит от радиационно-климатических условий местности, где применяется солнечная установка. Туркменистан обладает огромными ресурсами солнечной энергии, валовый теоретический энергетический потенциал солнечной энергии в южных районах Туркменистана оценивается в $651 \cdot 10^9$ т у. т. в год [1]. По достигнутым результатам в гелиоэнергетике технический энергетический потенциал гелиотехники только в Туркменистане эквивалентен $1,4 \cdot 10^9$ т у. т. в год, а по прямому преобразованию в электрическую энергию – $3,6 \cdot 10^{12}$ кВт · ч/год.

В этом году Президент Туркменистана одобрил Государственную программу по энергосбережению на 2018–2024 гг., которая призвана способствовать повышению эффективности и конкурентоспособности национальной экономики, бережному и рациональному использованию природных ресурсов страны, охране окружающей среды, обеспечению благоприятных условий жизни населения и энергетической независимости за счет повышения энергоэффективности и увеличения использования собственных топливно-энергетических ресурсов, в том числе возобновляемых источников энергии.

Поскольку радиационно-климатические условия в Туркменистане позволяют в течение 8–9 месяцев обеспечивать потребности в горячей воде потребителей, весьма заманчиво использование солнечных водонагревателей для круглосуточного использования в системе горячего водоснабжения. Однако это – непростая задача, поскольку климат в Туркменистане резко континентальный, и в отдельные дни температура воздуха может достигать значительных отрицательных температур, причем продолжительность периодов с такой температурой колеблется от долей суток до нескольких дней. Поэтому использовать солнечные водонагревательные установки с одним контуром не представляется возможным, они должны быть заменены двухконтурными системами.

В работе предлагается система горячего водоснабжения и теплоснабжения на базе солнечного коллектора. Рассмотрены варианты горячего водоснабжения и теплоснабжения на примере экспериментального дома с автономным энергоснабжением. Приведены данные исследований, подтверждающие перспективность использования солнечных коллекторов в качестве энергосберегающей системы.

Схематическое изображение составных элементов и работы комплексной энергосистемы для энергообеспечения и горячего водоснабжения, а также для теплоснабжения экспериментального жилого дома дано на рис. 1.

В состав комбинированной энергосистемы входят: фотоэлектрическая солнечная станция (ФСС) мощностью 2 кВт, ветровая станция (ВС) мощностью 2 кВт и гелиоустановка с рабочей поверхностью $1,6 \text{ м}^2$, батарея электрохимических аккумуляторов емкостью $200 \text{ А} \cdot \text{ч}$ (8 шт.). Технические характеристики и составные элементы ФСС приведены в работах [3], [5]. Состоит ФСС из 16 солнечных панелей мощностью 130 Вт, контроллера, инвертора и из 8 аккумуляторов емкостью $200 \text{ А} \cdot \text{ч}$. Состоит ВС из ветроустановки L-2000 и гибридного контроллера. Технические характеристики системы автономного энергоснабжения приведены в работе [5].

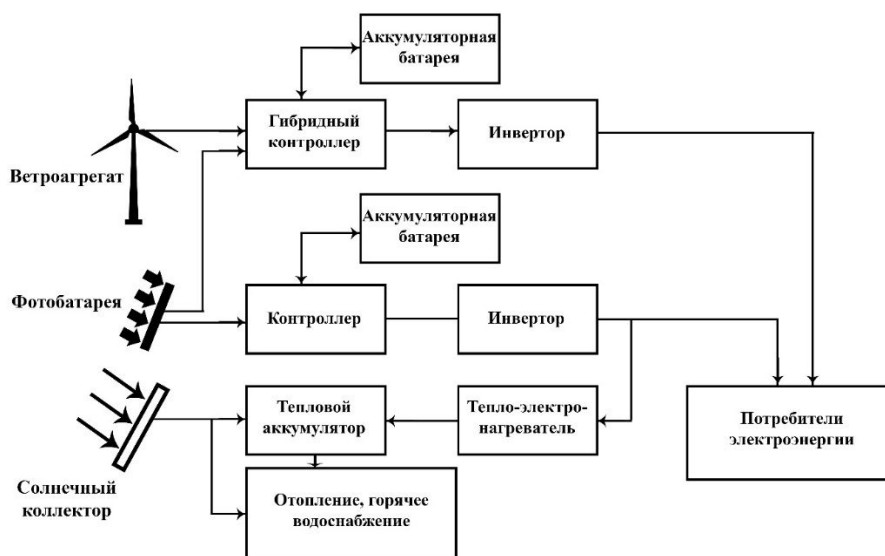


Рис. 1. Схематическое изображение комплексной системы энергоснабжения и теплоснабжения

Фотоэлектрическая солнечная станция и ветровая электрическая станция производят электроэнергию, которая распределяется для последующего использования с помощью блока автоматического управления режимами работы комплексной энергосистемы. В первую очередь, проводится заряд аккумуляторных батарей, обеспечивающих питание ламп освещения и бытового оборудования. Солнечный коллектор используется в основном для обеспечения нужд горячего водоснабжения и, частично, нужд отопления. В теплые месяцы года, когда снижаются нужды хозяйства в тепловой энергии, горячую воду, полученную в процессе эксплуатации солнечного коллектора, планируется использовать в системе охлаждения дома.

Экспериментальный жилой дом находится на территории Государственного энергетического института в г. Мары (географические координаты: $37,6^\circ$ с. ш., $61,8^\circ$ в. д.). Предполагаемые месяцы использования – круглый год, автономный режим, время использования – ежедневно и круглосуточно, место установки солнечного коллектора – на крыше дома с наклоном 36° , ориентированного на юг [2], [3].

При расчетах суточного прихода солнечной энергии использовали базу данных NASA, и расчет среднемесячного потока солнечной радиации на наклонную поверхность произведен по методу Луи–Джордана [4]. Полученные данные приведены в табл. 1. Согласно базе данных NASA, для угла установки солнечного коллектора 36° среднегодовое поступление солнечной энергии на 1 м^2 составляет $5,58 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ в день от суммарного солнечного излучения и $271,33 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ – в месяц от суммарного солнечного света на солнечный коллектор с эффективной площадью $1,6 \text{ м}^2$. В расчетах КПД (в основном теплопотери солнечного коллектора, резервуара горячей воды, труб) принимаем с запасом, равным 60%. В этих условиях среднегодовая выработка тепловой энергии солнечного коллектора за месяц с площадью $1,6 \text{ м}^2$ составляет $162,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$. Проведенные исследования показали, что зимой для обеспечения горячей водой семьи из 3 человека нужно около $160 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ энергии в месяц. Солнечный коллектор, установленный в экспериментальном жилом доме, в течение года вырабатывает тепловую энергию в количестве $953,59 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$. В одной комнате экспериментального дома для отопления использовали систему «электрический бойлер и солнеч-

ный коллектор». Таким образом, система «электрический бойлер и солнечный коллектор» выгоднее в несколько раз, чем электрическое отопление от электрической сети (таблица). Годовая эксплуатация такой комплексной энергосистемы в Марыйской области Туркменистана показала, что комплексные энергетические системы для жилых и промышленных объектов при компоновке, соответствующей данной климатической зоне, и при учете всех вышеприведенных факторов достаточно эффективны в эксплуатации по всей территории Туркменистана.

**Полезная тепловая энергия (кВт · ч), которую потенциально
можно получить от солнечного коллектора**

Месяц	Солнечная энергия, поступающая на наклонную плоскость (36°) за месяц на 1,6 м ²	Выработка тепловой энергии за месяц (1,6 м ²)	Потребная энергия для горячего водоснабжения за месяц	Потребная энергия для отопления одной комнаты с площадью 13,12 м ² за месяц	Потребная энергия для отопления одной комнаты площадью 13,12 м ² за месяц при использовании электронагревателя
Январь	227,66	136,6	160	315,2	1116
Февраль	240,58	144,35	160	284,7	1008
Март	269,82	161,89	160	203,4	720
Апрель	269,28	161,57	160	101,7	360
Май	291,15	174,69	140	–	–
Июнь	291,84	175,10	120	–	–
Июль	308,51	185,11	120	–	–
Август	312,98	187,79	120	–	–
Сентябрь	305,28	183,15	120	–	–
Октябрь	286,19	171,71	140	20,3	72
Ноябрь	241,92	145,15	140	50,84	180
Декабрь	210,8	126,48	140	315,208	1116
За год		1953,59	1800		

Заключение. Исследования показывают, что использование солнечных коллекторов в системе горячего водоснабжения позволяет сократить затраты на нагрев горячей воды в среднем на 70 %, т. е. сэкономить 1953,59 кВт · ч энергии в течение года.

Полученные данные показали, что в солнечные дни в течение месяца температура воды в баке солнечного коллектора достигает до 75–90 °С, что создает возможность использовать солнечные коллекторы в системе теплоснабжения экспериментального дома.

Литература

1. Анализ существующих конструкций и элементов гелионагревательных установок и их экономическая оценка / В. А. Асташенко [и др.] // Тр. МЭИ. – В кн.: Нетрадиционные источники энергии. – М., 1961. – Вып. 518.
2. Джумаев, А. Я. Автоматизированная система управления автономным энергоснабжением / А. Я. Джумаев, Э. Д. Кадыров // Автоматизация и ИТ в энергетике. – 2016. – № 12 (89). – С. 12–18

3. Джумаев, А. Я. Комплексное использование энергии возобновляемых источников в регионах Туркменистана / А. Я. Джумаев, К. А. Сарыев, Б. А. Джумаев // Междунар. науч.-исслед. журн. – 2017. – Ч. 5. – Декабрь. – № 12 (66). – С. 77–83.
4. Jumayev, A. Y. Scientific-technical and methodological aspects of an estimation of resources of solar energy in Turkmenistan / A. Y. Jumayev // International Conference on European Science and Technology : materials of the XI international research and practice conference. – Munich, Germany, October 21–22 th. – Munich, 2015. – P. 80–92.
5. Джумаев, А. Я. Комбинированная система автономного энергоснабжения / А. Я. Джумаев // Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика : материалы XLI Междунар. науч.-практ. конф., Алматы, 3–4 апр. 2017 г. / КазАТК им. М. Тынышпаева. – Алматы, 2017. – Т. 1. – С. 53–58.

ВАРИАНТЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЯГОВЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ КАРЬЕРНОГО САМОСВАЛА БЕЛАЗ-75131

А. Н. Баргашевич

*Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет», г. Могилев, Республика Беларусь*

Научный руководитель Г. С. Ленеvский

Карьерный самосвал БелАЗ-75131 грузоподъемностью 130–136 т предназначен для транспортировки горных масс в сложных горнотехнических условиях. Трансмиссия представляет собой электропривод переменного-постоянного тока с тяговым синхронным двухобмоточным генератором (СГ), двумя тяговыми электродвигателями (ТЭД), редукторами электромотор-колес, аппаратами регулирования, приборами контроля и микропроцессорной системой управления.

Выделяют следующие основные режимы работы тягового электропривода (ТЭП) самосвала данной модели: тяговый режим и режим электрического торможения при движении вперед и назад; режим работы ТЭД с ослабленным магнитным потоком возбуждения в тяговом режиме при движении вперед; режим ограничения скорости самосвала.

Если рассматривать силовую цепь трансмиссии относительно энергоэффективного управления, то, в первую очередь, необходимо обеспечивать максимальный КПД ТЭД и СГ в диапазоне рабочих нагрузок. Наилучшие показатели КПД могут быть получены при работе ТЭД в рабочей точке, а работа СГ должна выполняться с номинальной скоростью вращения и номинальным током возбуждения. Таким образом, можно сделать вывод, что данные режимы работы могут быть получены при движении самосвала по ровным участкам трассы, не требующим существенного регулирования координат СГ и ТЭД (работа с установившейся скоростью).

В условиях маневрирования самосвала сохранить энергоэффективность работы СГ практически невозможно, так как необходимо обеспечить регулирование основных координат ТЭД, а систему ТЭД-СГ рассматривать как источник электрической энергии, работающий с максимально возможным КПД. Данные выводы относятся к тяговому режиму работы ТЭП.

Режим электрического торможения карьерного самосвала БелАЗ-75131 также является неэнергоэффективным как при выполнении «стандартного» электрического торможения, так и форсированного электрического торможения. В первом случае ТЭД работают в генераторном режиме, и вырабатываемая им энергия расходуется на нагрев тормозных резисторов. Во втором случае формируется режим противоторможения ТЭД, при котором используется дополнительная энергия от генераторной установки.

Стоит учитывать и режимы торможения для различных условий работы карьерного самосвала, такие, как режим подтормаживания при спуске самосвала с установленной скоростью и режимы торможения при маневрировании. Для режима подтормаживания возможны следующие варианты энергоэффективного управления: использовать часть энергии электрического торможения для питания системы принудительного охлаждения тормозных резисторов, системы освещения и т. п., а также использовать тепловую энергию электрического торможения с помощью жидкого теплоносителя. Для режимов торможения при маневрировании характерны малые значения скорости, поэтому необходимо применение эффективного электрического торможения. Этот режим в данной модели самосвала реализуется с помощью торможения противовключением. Обеспечить энергоэффективность такого торможения можно, не используя энергию генераторной установки. Реализация возможна при использовании накопителей энергии и регенеративного торможения. При регенеративном торможении выполняется двухтактное преобразование энергии: на первом такте накопитель энергии накапливает энергию от ТЭД (режим электрического торможения), а на втором такте отдает ТЭД (режим торможения противовключением).

Таким образом, предлагается реализовать энергоэффективное управление ТЭП карьерного самосвала БелАЗ-75131 одним из следующих способов:

1) выполнить модернизацию ТЭП, в результате которой может обеспечиваться дополнительное или независимое управление ТЭД от статических преобразователей в тяговом режиме;

2) выполнить модернизацию ТЭП, в результате которой будет выполняться использование части энергии электрического торможения в режиме подтормаживания;

3) выполнить модернизацию ТЭП, в результате которой будет выполняться регенеративное торможение при малых скоростях движения карьерного самосвала;

4) выполнить комплексную модернизацию ТЭП в соответствии с пп. 1–3;

5) выполнить разработку ТЭП на базе вентильно-индукторных электродвигателей с независимым возбуждением, обеспечивающего независимое управление ТЭД и формирование требуемых режимов работы.

Упрощенная схема ТЭП, которая обеспечивает независимое управление ТЭД от статических преобразователей (п. 1), представлена на рис. 1.

По отношению к базовому варианту схемы выполнены следующие изменения: убраны тиристоры VS4, VS5, формирующие цепи шунтирования для исключения процесса буксования; диоды катодных групп выпрямителей UZ1 и UZ2 заменены на тиристоры VS1*–VS6*; введен контактор КМ*, контакт которого коммутирует точку соединения обмоток возбуждения ТЭД М1 и М2 с точкой соединения якорных цепей М1 и М2 (анода диодов UZ2). При включении контакта КМ* формируются цепи двух несимметричных управляемых выпрямителей, позволяющих регулировать напряжения на ТЭД М1 и М2. Диоды VD1 и VD2 при работе двигателей в тяговом режиме выполняют роль обратных вентилях, шунтирующих собственно якорные цепи Я1, Д2 ТЭД. При движении на прямых участках трассы КМ* отключается, устанавливается угол управления тиристорами $\alpha = 0$, соответствующий работе неуправляемых выпрямителей UZ1 и UZ2, т. е. восстанавливается структура ТЭП с последовательным включением ТЭД.

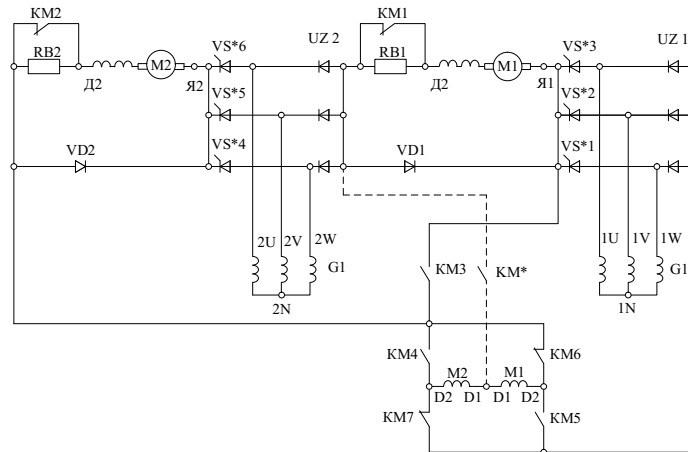


Рис. 1. Упрощенная схема ТЭП, обеспечивающая независимое управления ТЭД от статических преобразователей

При работе ТЭП в режиме подтормаживания параллельно собственно якорным цепям Я1, Д2 электродвигателей М1, М2 можно подключить электроприводы вентиляторов постоянного, либо переменного тока (п. 2). Для поддержания требуемой производительности вентиляторов необходимо использовать регулируемые импульсные преобразователи постоянного или переменного тока. Регулирование выходных координат преобразователей выполняется в соответствии с выбранной характеристикой электрического торможения (скоростью движения карьерного самосвала при спуске). Фрагменты подключения электроприводов вентиляторов представлены на рис. 2.

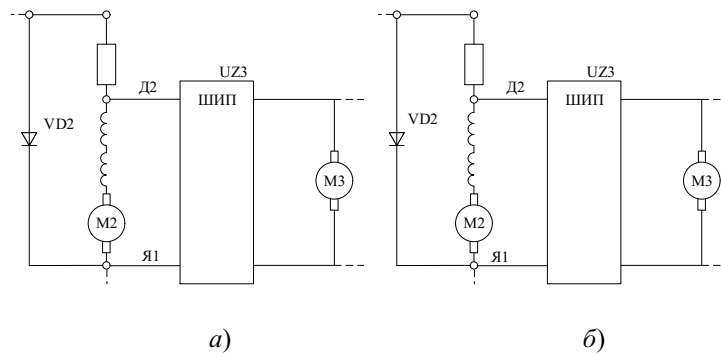


Рис. 2. Фрагменты схем подключения электроприводов вентиляторов

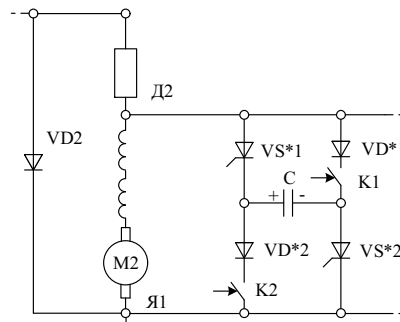


Рис. 3. Устройство форсированного электрического торможения с накопителем энергии

Форсированное электрическое торможение при движении карьерного самосвала на малых скоростях (п. 3) предлагается выполнять в режиме противовключения двигателей M1 и M2 от накопителя энергии. В качестве накопителей энергии наиболее целесообразно использовать конденсаторы двойного электрического слоя. Вариант схемы устройства форсированного электрического торможения с накопителем энергии представлен на рис. 3. Конденсатор C запасает энергию при выполнении регенеративного торможения (режим подтормаживания) с включенными тиристорами VS1* и VS2*. При заряде конденсаторов тиристоры запираются. При выполнении торможения противовключением выполняется тактирование ключей K1 и K2. В качестве ключей K1 и K2 могут быть использованы IGBT транзисторы либо тиристоры с устройствами коммутации. При применении тиристоров установки диодов VD1 и VD2 не требуется.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ ЧАСТОТНО-УПРАВЛЯЕМЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ОТ ВЫСШИХ ГАРМОНИК НАПРЯЖЕНИЯ

Е. А. Власенко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Т. В. Алферова

Применение регулируемых электроприводов позволяет повысить эффективность производства, расширить возможность механизации и автоматизации технологических процессов, при этом улучшить энергетический коэффициент ($\cos \varphi$) асинхронного двигателя [1]. В настоящее время в эксплуатации находится большое количество электроприводов на базе частотно-управляемых асинхронных двигателей, которые питаются напряжением ступенчатой формы от полупроводникового преобразователя частоты с автономным инвертором [2].

Несинусоидальность напряжения при частотном регулировании приводит к возникновению дополнительных потерь в обмотках и магнитопроводе от высших гармоник тока и магнитного потока, созданных высшими гармониками питающего напряжения.

В общем случае при частотном управлении двигателем напряжение на зажимах статора регулируется как в функции относительной частоты (коэффициента регулирования), абсолютного скольжения, определяемого нагрузкой на валу, а относительное напряжение есть функция α и β .

Основные потери мощности: электрические, магнитные и механические зависят от коэффициента регулирования и рассчитывались по известным методикам, при этом определяющими факторами, влияющими на изменение намагничивающего тока и магнитных потерь, являлись магнитный поток и частота питающего напряжения.

В данной работе на основании метода «гармонических двигателей» [3] был разработан алгоритм, учитывающий влияние высших гармоник напряжения на потери мощности в АД. Блок-схема алгоритма приведена на рис. 1.

Для автоматизации расчетов потерь мощности в частотно-управляемых асинхронных двигателях была разработана компьютерная программа «Hz asynchronous motor». Программа написана на языке DELPHI, имеет простой и интуитивно понятный интерфейс, что позволяет затрачивать минимум времени при вводе исходных данных. С использованием данной программы был выполнен расчет потерь мощности в двигателе серии АИР160S2, мощностью 5,5 кВт, при этом были получены следующие результаты:

- электрические потери в обмотках статора от всех высших гармоник напряжения на 12 % больше электрических потерь основной частоты;
- электрические потери в обмотках ротора от всех высших гармоник напряжения на 70 % больше электрических потерь основной частоты;
- магнитные потери от всех высших гармоник напряжения на 6,7 % больше магнитных потерь основной частоты и с увеличением номера гармоники магнитные потери резко убывают.

Составлена плановая калькуляция себестоимости разработки программного обеспечения «Hz asynchronous motor».

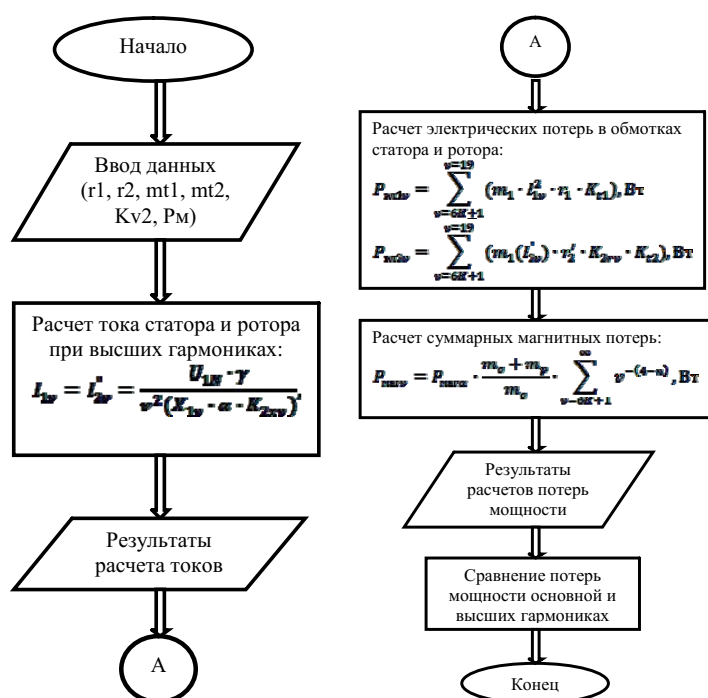


Рис. 1. Блок-схема алгоритма расчета

Компьютерная программа может применяться как на этапе проектирования электродвигателей, так и в процессе их эксплуатации.

При этом учет дополнительного нагрева электродвигателей и потерь мощности, вызванных ухудшением качества электрической энергии, позволит предотвратить преждевременный выход из строя электродвигателя, внезапное отключение потребителя и повысить эффективность его работы.

Литература

1. Новиков, Г. В. Частотное управление асинхронными электродвигателями / Г. В. Новиков. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. – 498 с.
2. Петренко, А. Н. Дополнительные потери мощности частотно-управляемого асинхронного двигателя от высших гармоник напряжения / А. Н. Петренко, В. И. Таянский, Н. Я. Петренко // Электротехника и электромеханика. – 2012. – № 5. – С. 34–35.
3. Жежеленко, И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения предприятий / И. В. Жежеленко. – М. : Энергоатомиздат. 2000. – 331 с.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

А. О. Внукова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Д. И. Зализный

Энергоэффективность и энергосбережение являются приоритетными направлениями энергетической политики большинства стран мира. Прежде всего, это обусловлено исчерпанием невозобновляемых топливно-энергетических ресурсов, отсутствием реальных альтернатив их замены, наличием рисков и значительных затрат при их производстве и транспортировке. В последнее время эти факторы приобретают все большее значение в связи с общей нестабильностью в регионах добычи ТЭР, напряжением на топливно-ресурсных рынках и неблагоприятными прогнозами по дальнейшему росту цен на энергоресурсы. Развитые страны мира, которые уже достигли значительных успехов в решении проблем энергоэффективности, продолжают поиск новых источников энергообеспечения. Одним из направлений развития таких технологий является использование энергии движущихся людей и машин. Преобразование кинетической энергии движущихся тел в электрическую может осуществляться посредством пьезогенераторов.

На основе пьезогенераторов можно создать систему получения и хранения энергии, которая обычно растрачивается напрасно. Источником такой энергии является давление, которое оказывает на поверхность движущийся автомобиль, поезд, самолет или пешеход, велосипед и т. д. Под дорожное покрытие на глубине 3–5 см на определенном расстоянии друг от друга устанавливаются пьезоэлектрические элементы, способные превращать энергию давления проезжающего транспорта в электроэнергию. По расчетам израильской компании *Innowattech*, 1 км автобана может генерировать 5 МВт электрической энергии. При механическом воздействии на пьезоэлемент происходит смещение атомов в несимметричной кристаллической решетке материала. Это смещение приводит к возникновению электрического поля, которое индуцирует (наводит) заряды на электродах пьезоэлемента.

На кафедре «Электроснабжение» ГГТУ им. П. О. Сухого был создан макет пьезогенератора, основным элементом которого является панель, на которую оказывается механическое воздействие посредством шагов людей. Панель состоит из трех пар электродов, представляющих собой пластины фольгированного стеклотекстолита с расположенными между ними и соединенными параллельно пьезоэлементами мембранного типа (рис. 1, а) с помощью фольговых шайб для улучшения контакта (рис. 1, б).

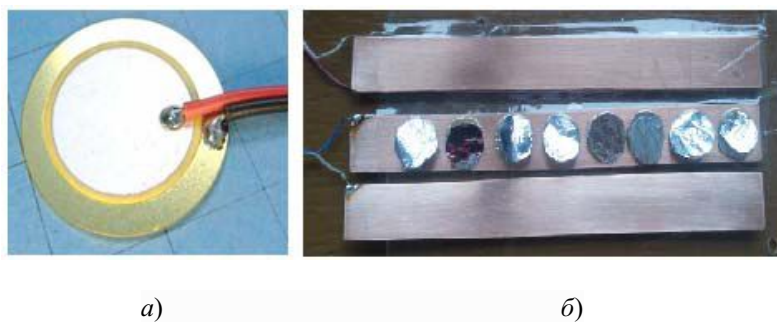


Рис. 1. Пьезоэлемент мембранного типа (а) и панель пьезогенератора (б)

Помимо механической части макет содержит электронный блок, схема которого показана на рис. 2.

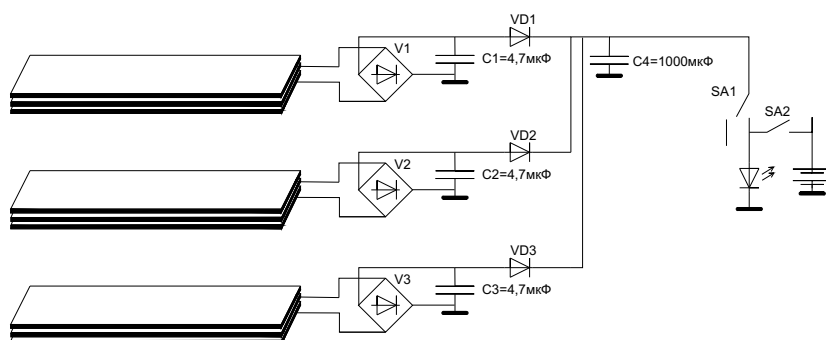


Рис. 2. Принципиальная схема пьезогенератора

При механическом воздействии на панель пьезогенератора вырабатывается напряжение импульсного характера как положительной, так и отрицательной полярности. Для отбора энергии на обеих полярностях в схеме применены диодные мосты $V1-V3$, передающие в нагрузку обе полярности напряжения. В качестве первичных накопителей энергии использованы конденсаторы $C1-C3$ емкостью 4,7 мкФ. Эти конденсаторы быстро заряжаются в момент прихода импульсов напряжения. Далее напряжение с них через максиселектор, собранный на диодах $VD1-VD3$, поступает на конденсатор $C4$ с емкостью 1000 мкФ, который заряжается более медленно от конденсаторов $C1-C3$. При этом в максиселекторе в каждый момент времени открыт только один диод. Открывается тот диод, напряжение на аноде которого в данный момент времени выше, чем на анодах остальных диодов.

При однократном механическом воздействии (наступании ногой) на конденсаторе $C4$ емкостью 1000 мкФ напряжение возрастает на 30 мВ, таким образом, энергия, генерируемая пьезоэлектрической панелью, составит:

$$W_{\text{од. наж}} = \frac{C \cdot U^2}{2} = \frac{1000 \cdot 10^{-6} (30 \cdot 10^{-3})^2}{2} = 450 \text{ мкДж.} \quad (1)$$

Предлагаемое место установки пьезогенерирующей панели – тротуар возле здания по проспекту Победы, 20 в г. Гомеле. Для расчета электрической энергии, которая может быть сгенерирована пьезоэлектрической панелью, необходимо определить количество пешеходов на данном участке. Результаты проведенного исследования представлены в таблице.

При однократном нажатии лабораторная панель пьезогенератора вырабатывает 450 мкДж электрической энергии, ее площадь составляет 120 см². Интерполируем данный результат для предполагаемого пьезогенерирующего полотна, расположенного на тротуаре по проспекту Победы, 20, размером 5 × 15 м:

$$W = \frac{S_{\text{пл}} \cdot W_{\text{од. наж}} \cdot N \cdot l_{\text{пл}}}{S_{\text{лаб}} \cdot l_i}, \quad (2)$$

где $S_{\text{лаб}}$ – площадь панели лабораторного макета, м²; $S_{\text{пл}}$ – площадь действительной пьезогенерирующей панели (75 м²); $l_{\text{пл}}$ – длина пьезогенерирующей панели, м;

$W_{\text{од.наж}}$ – вырабатываемая при однократном механическом воздействии, Дж; N – количество пешеходов; $l_{\text{ш}}$ – средняя длина шага взрослого человека, м.

$$W = \frac{75 \cdot 450 \cdot 10^{-6} \cdot 10781 \cdot 15}{120 \cdot 10^{-4} \cdot 0,65} = 2646843,8 \text{ Дж} = 735 \text{ Вт} \cdot \text{ч.}$$

Энергии 735 Вт · ч достаточно для горения светодиодного светильника мощностью 50 Вт со световым потоком 5500 лм, что является аналогом ДРЛ-125, в течение 14,7 ч, т. е. в течение всего темного времени суток зимой.

Среднее количество пешеходов по проспекту Победы, 20 в г. Гомеле

Время	Количество пешеходов	Время	Количество пешеходов	Время	Количество пешеходов
00.00–01.00	3	08.00–09.00	438	16.00–17.00	948
01.00–02.00	9	09.00–10.00	447	17.00–18.00	1248
02.00–03.00	0	10.00–11.00	642	18.00–19.00	960
03.00–04.00	0	11.00–12.00	912	19.00–20.00	594
04.00–05.00	3	12.00–13.00	942	20.00–21.00	312
05.00–06.00	13	13.00–14.00	780	21.00–22.00	360
06.00–07.00	98	14.00–15.00	552	22.00–23.00	192
07.00–08.00	338	15.00–16.00	438	23.00–24.00	48
<i>Итого</i>				10781	

Таким образом, можно сделать вывод, что для увеличения вырабатываемой электроэнергии необходимо иметь большое количество механических воздействий на установку или повысить количество пьезоэлементов путем расширения пьезогенерирующего полотна или увеличения слоев пьезогенерирующих панелей. При данном уровне развития технологий целесообразным является применение пьезогенераторов на автомобильных дорогах с наиболее интенсивным потоком транспортных средств, на тротуарах оживленных улиц, а также разработка конструкций пьезогенераторов с возможностью их установки на вибрирующих поверхностях электрических двигателей, вентиляторов, станков и других видах электротехнологического оборудования. Также следует отметить ряд преимуществ данной идеи по сравнению с другими разработками в области добычи экологически чистой энергии, которые заключаются в том, что не требуется выделения дополнительной территории в отличие от ФЭС, не наносится ущерб окружающей среде в отличие от ГЭС, система работает независимо от погодных условий.

Недостатками пьезогенераторов являются хрупкость и довольно высокая стоимость пьезоэлементов. Однако с использованием специальных технологий эти недостатки могут быть преодолены.

Литература

1. Bao Yang. Piezo Electric Sensing and Energy Harvesting Itouchscreens / Bao Yang. – University of Maryland, 2017. – Режим доступа: <https://drum.lib.umd.edu/bitstream/handle/1903/19616/PIEZO%20Final%20Thesis.pdf?sequence=1>. – Дата доступа: 10.04.2018.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ ДВУХФАЗНЫХ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

П. А. Адаменко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. В. Шаповалов

Проблемы снижения потребления тепловой и электрической энергии предприятиями, повышения КПД промышленных установок и улучшения экологической обстановки весьма актуальны. Одним из рациональных решений является возврат части тепла, выделяемого в технологических процессах, в производственный цикл. С этой целью применяются теплообменники различных типов и конструкций, в том числе и аппараты на основе двухфазных высокоэффективных теплопередающих устройств, работающих по замкнутому испарительно-конденсационному циклу – тепловых труб и термосифонов. За счет интенсивных процессов испарения и конденсации жидкости внутри такого устройства тепловые трубы и термосифоны имеют минимальные термические сопротивления передачи тепла от зоны нагрева к зоне конденсации.

В отличие от тепловых труб термосифоны не требуют применения при изготовлении сложных капиллярных структур и поэтому отличаются простотой в изготовлении, надежностью в эксплуатации.

Одной из возможных областей применения теплообменных аппаратов на основе термосифонов являются установки кондиционирования воздуха [1]. Рассмотрим установку, которую можно применять для осушения воздуха в плавательном бассейне закрытого типа. Принципиальная технологическая схема разрабатываемого устройства представлена на рис. 1.

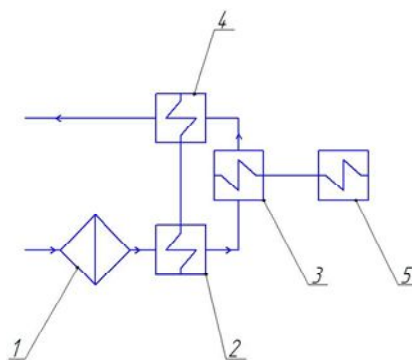


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема разрабатываемого устройства:

1 – блок входных фильтров; 2 – испаритель теплообменника на основе тепловых труб; 3 – испаритель ПКХМ; 4 – конденсатор теплообменника на основе тепловых труб; 5 – конденсатор парокомпрессионной холодильной машины

Воздух с параметрами 26–31 °С и относительной влажностью 40–60 % через воздухозаборное устройство после прохождения системы фильтров подается на испаритель теплообменника, сконструированного из пакета термосифонов, аналогичных классическим тепловым трубам Перкинсона, при этом отдает свое тепло. Происходит фазовый переход промежуточного теплоносителя внутри тепловых труб.

В качестве промежуточного теплоносителя планируется использовать фреон R134a. Пары фреона поднимаются в зону конденсации. Воздух дальше подается на испаритель холодильной машины, где происходит более глубокое осушение. Затем воздух попадает на конденсатор теплообменника на основе термосифонов, в результате чего пары фреона конденсируются и по стенкам теплообменных труб конденсат фреона стекает в зону испарения, а воздух подогревается до требуемой температуры. В результате на выходе из установки получается воздух с температурой, равной температуре воздуха на входе в установку, но с уменьшенным влагосодержанием. На рис. 2 изображена $I-d$ -диаграмма воздуха при прохождении через установку.

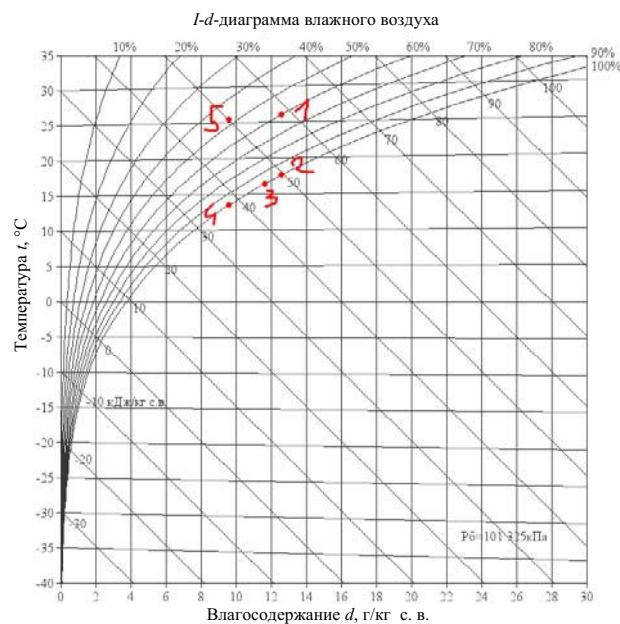


Рис. 2. $I-d$ -диаграмма воздуха при прохождении через установку

Из рис. 2 видно, в чем заключается преимущество разрабатываемого устройства по сравнению с уже существующими аналогами: снижение эксплуатационных затрат за счет снижения мощности парокомпрессионной холодильной машины и, следовательно, снижение потребления электроэнергии. Это позволяет использовать устройство в системах с ограниченной мощностью, например, получающих электроэнергию от солнечных батарей.

Процессы 1–5 представлены в таблице:

Позиция	1	2	3	4	5
Температура t , °C	28	19,508	16,923	12,836	28
Относительная влажность, φ , %	60	100	100	100	39,211
Влагосодержание d , г/кг с. в.	14,22	14,22	12,049	9,22	9,22
Удельная энтальпия i , кДж/кг с. в.	64,451	55,69	47,527	36,185	51,693
Плотность ρ , кг/м ³	1,162	1,196	1,208	1,227	1,165
Температура мокрого термометра t_m , °C	22,074	19,508	16,923	12,836	18,373

Процесс 1–2–3 – осушение воздуха испарителем теплообменника на основе тепловых труб.

Процесс 3–4 – осушение воздуха компрессором.

Процесс 4–5 – нагрев воздуха конденсатором теплообменника на основе тепловых труб.

Процесс конденсации фреона компрессора в процессах, связанных с осушением воздуха, не участвует, эту теплоту надо утилизировать каким-нибудь другим образом.

Предполагаемый внешний вид установки изображен на рис. 3.

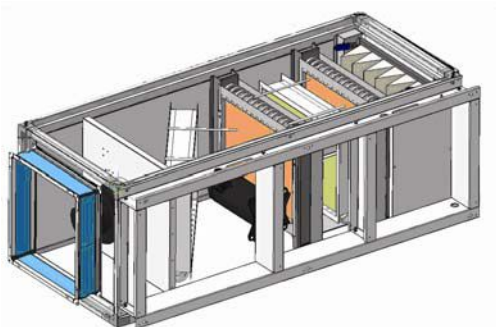


Рис. 3. Предполагаемый внешний вид установки

Разрабатываемая установка будет состоять из трех блоков. Первый блок – испаритель теплообменника на основе тепловых труб, второй блок – испаритель парокомпрессионной холодильной машины, третий блок – конденсатор теплообменника на основе тепловых труб. Теплообменники будут связаны между собой медными трубами диаметром 12,7 мм, при этом будет применяться двухходовая схема движения промежуточного теплоносителя (фреона R134a) в каждом блоке теплообменного аппарата.

Литература

1. SPC Company. – Mode of access: <http://www.spc-hvac.co.uk/row/product/heat-pipes-dehumidification/>.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ВЫБОРА ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ ЖИЛЫХ ДОМОВ

А. А. Воронович

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. О. Добродей

Проектирование систем электроснабжения (СЭС) помещений и зданий содержит ряд операций, связанных с расчетом нагрузок и выбором проводников и аппаратов защиты. Набор операций строго определен нормативными документами. Зачастую это последовательность однотипных расчетов, результаты которых зависят от назначения помещений, материала проводников и способа их прокладки, параметров источников электроснабжения и потребителей.

Расчеты можно значительно упростить, а время проектирования снизить путем применения специализированного программного обеспечения с набором расчетных формул, справочно-технической документации, баз данных оборудования и удобного интерфейса.

В связи с этим ставится задача создать программный продукт для автоматизации расчетов при проектировании систем электроснабжения жилых домов.

Для достижения поставленной цели были решены задачи:

- разработан алгоритм расчета СЭС жилых домов;
- реализован алгоритм в виде программного продукта;
- собрана информация о параметрах наиболее часто используемого электротехнического оборудования и созданы базы данных.

Проектирование электропроводок заключается в выборе типа используемого провода или кабеля, его сечения и способа его прокладки. В пределах жилых зданий используются изолированные провода и кабели с медными жилами напряжением до 1000 В. Тип провода или кабеля определяет [1]: вид изоляции и число токоведущих жил, наличие оболочки и оплетки, материал токоведущих жил, конструктивное исполнение (круглый, плоский, самонесущий) и др.

Сечения токопроводящих жил проводов и кабелей выбираются согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ) по условию нагрева длительным расчетным током в нормальном и послеаварийном режимах и проверяются по потере напряжения, соответствию току выбранного аппарата защиты и условиям окружающей среды [2].

При прокладке внутри помещений сечение выбирается по максимальному расчетному току нагрузки. При этом номинальный ток автоматического выключателя, защищающего проводник, должен быть равен или больше максимального тока нагрузки.

Сечения токоведущих жил в зависимости от величины тока для различных типов проводов и кабелей при различных способах их прокладки приводятся в справочниках, каталогах заводов-изготовителей проводов и кабелей и в ПУЭ [2].

При прокладке внутри помещений допустимый ток проводника зависит от температуры окружающей среды, способа прокладки, взаимного влияния проложенных рядом электрических цепей. При проектировании жилых зданий учет каждого из этих факторов производится с помощью соответствующих коэффициентов, определяющих их влияние на величину допустимого тока.

Затем производится проверка выбранных проводников по потере напряжения из условия обеспечения необходимых уровней напряжения у самых удаленных от источника питания потребителей [3].

В соответствии с вышеприведенной методикой разработан алгоритм выбора сечений проводников для СЭС жилых домов, блок-схема которого представлена на рис. 1.

На основе алгоритма разработана программа, предназначенная для расчета и выбора сечений проводников, а также для выбора аппаратов защиты СЭС жилых домов. В ней учтена специфика расчета в зависимости от типа и материала проводника, его предполагаемого места прокладки и способа монтажа.

Для создания программы использовалась кросс-платформенная среда Qt-Creator на языке C++. База данных создана в Microsoft Office Access.

Программа по заданным исходным данным пользователя сама подбирает необходимый тип кабеля, его сечение, а также нужную защитную аппаратуру. Программа имеет достаточно простой интерфейс, не требующий определенных навыков владения программным обеспечением. Она совместима с операционными системами Windows, Linux, Mac OS. Это значительно облегчает работу инженера-проектировщика и сокращает время выполнения проекта.

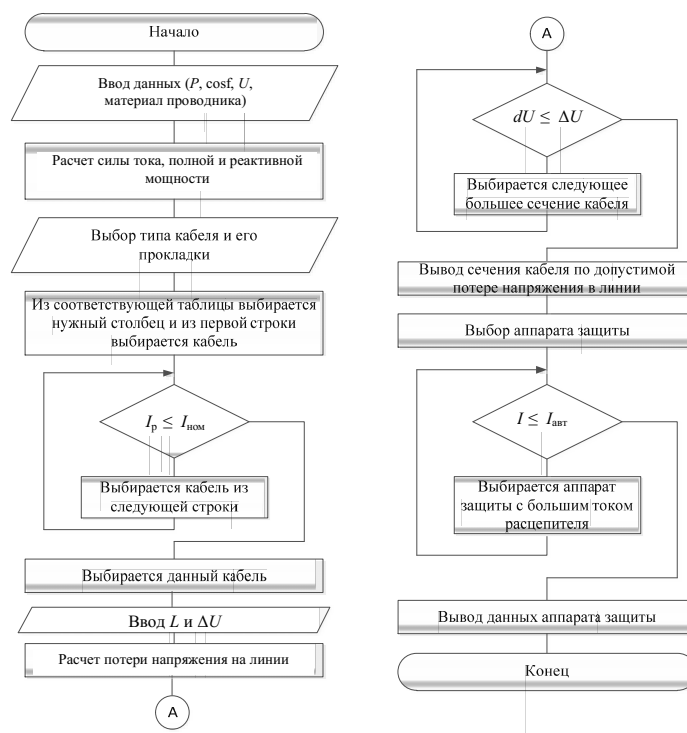


Рис. 1. Алгоритм расчета СЭС жилых домов

На рис. 2 представлен вид главной формы программы, состоящей из вкладок: ввод данных; выбор сечения кабеля по току; проверка; выбор аппарата защиты.

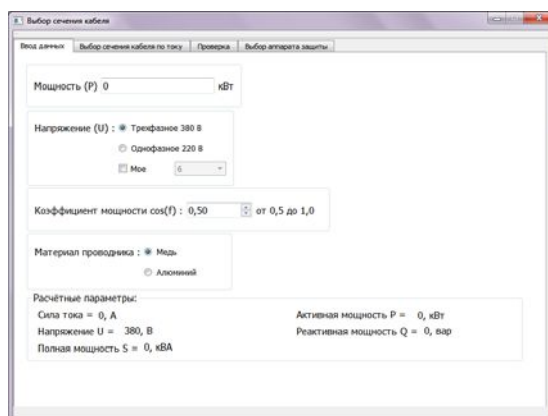


Рис. 2. Главная форма программы

Во вкладке «Выбор сечения кабеля по току» необходимо выбрать желаемый тип кабеля, в зависимости от чего автоматически изменятся возможные варианты типа прокладки кабеля. Также на данной вкладке есть возможность использовать поправку для совместной прокладки нескольких кабелей. Здесь же в автоматическом режиме выводится минимальное допустимое значение сечения проводника по расчетному току нагрузки.

Во вкладке «Проверка» задается расчетная длина линии и допустимая в ней потеря напряжения. Программа автоматически рассчитывает для выбранного ранее сечения потерю напряжения и сверяет ее с заданной. Если расчетная потеря напряже-

ния в линии превысит допустимую, программа выберет ближайшее большее сечение проводника, которое будет удовлетворять заданному условию.

Во вкладке «Выбор аппарата защиты» выбирается требующийся вид защитного аппарата и программа автоматически выдаст его тип и номинальный ток расцепителя.

Хранение информации, а также удобный и быстрый поиск нужных данных обеспечивает созданная в Microsoft Office Access база данных. В справочную информацию включены сечения проводов, кабелей и соответствующие им значения длительно допустимых по нагреву токов и номинальные токи аппаратов защиты. Справочные данные пользователь может дополнять самостоятельно путем добавления нужных строк.

Основные преимущества разработанной программы: простой интерфейс, доступный любому пользователю; программа полностью автоматизирована и бесплатна. Она совместима с операционными системами Windows, Linux, Mac OS. Все это значительно облегчает работу инженеру-проектировщику и сокращает время выполнения проекта. Использование баз данных Microsoft Office Access позволяет любому пользователю вносить требуемые изменения.

Литература

1. Проектирование электроустановок квартир с улучшенной планировкой и коттеджей / Г. А. Гельман [и др.] ; под общ. ред. Г. А. Гельмана. – М. : Шнейдер Электрик, 2007. – Вып. 11. – 240 с.
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1997.
3. Ус, А. Г. Электроснабжение промышленных предприятий и гражданских зданий / А. Г. Ус, Л. И. Евминов. – Минск : НПООО «ПИОН», 2002. – 457 с.

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДВИГАТЕЛЬ

И. А. Голод

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Я. О. Шабловский

Введение. В данной работе представлены две модели диэлектрического двигателя с использованием электретов. В первой модели создается статическое электрическое поле, а во второй – вращающееся. Общий вид диэлектрического двигателя представлен на рис. 1.

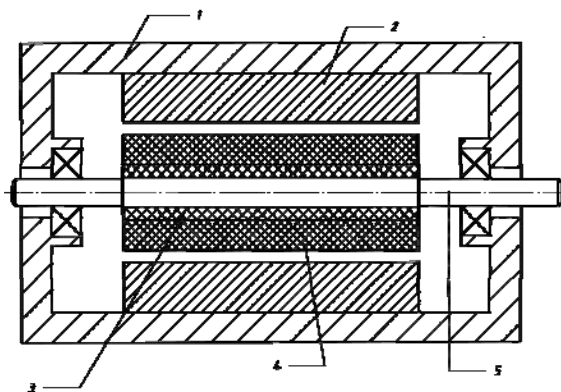


Рис. 1. Общий вид двигателя

Диэлектрический двигатель со статическим электрическим полем относится к области электротехники, к электрическим машинам, а именно: к диэлектрическим (электростатическим). Он может быть использован в приборостроении в качестве привода малой мощности.

Двигатель состоит из чугунного статора *1* в виде полого цилиндра, на внутренней поверхности которого закреплены две пары электродов *2*, изготовленных из алюминия. Электроды попарно подключены к положительному и отрицательному зажимам источника постоянного напряжения. Ротор *3* выполнен из диэлектрического материала с использованием электретов *4*. Ротор насажен на вал *5*, который вращается в подшипниках. Электроды расположены симметрично друг относительно друга. Основное достоинство такой конструкции в том, что ни на статоре, ни на роторе нет обмоток и, соответственно, отсутствуют потери в них. Сущность заявляемой полезной модели поясняется чертежом (рис. 2).

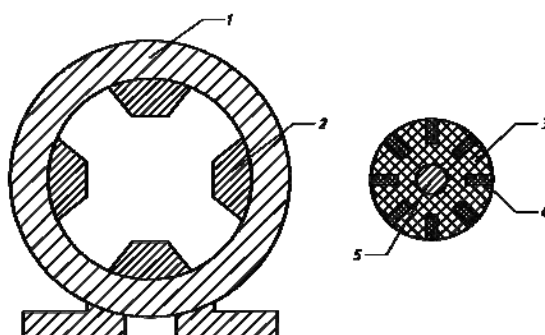


Рис. 2. Разрез статора и ротора

Принцип работы двигателя следующий. На электроды подается постоянное напряжение от источника постоянного напряжения. Создается статическое электрическое поле. На электреты со стороны электрического поля действуют силы, равные по модулю, но противоположные по направлению, которые образуют пару сил. Создается момент сил, стремящийся развернуть диполь так, чтобы его ось была направлена по силовым линиям поля, в результате чего ротор вращается и приводит в движение вал.

Статор получают литьем из чугуна. Электроды изготавливаются из алюминия с целью уменьшения потерь. Ротор изготавливается неоднородным. Он выполнен из диэлектрического материала и электретов.

Электроды двигателя питаются от источника постоянного напряжения. Создаваемое ими электрическое поле приводит в движение ротор и вал двигателя. Схема питания двигателя представлена далее на рис. 4, а.

В целом данная конструкция позволяет повысить характеристики за счет использования электретов, которые поляризованы перпендикулярно оси вращения ротора.

Диэлектрический двигатель с вращающимся электрическим полем. Диэлектрический двигатель с использованием электретов состоит из цилиндрического статора *1*, на внутренней поверхности которого закреплены три пары электродов *2*. Три электрода подключены к трем фазам трехфазного источника переменного напряжения, оставшиеся три электрода заземлены. Ротор *3* изготовлен из диэлектрического материала, а также электретов *4* в виде пластин. Электроды, питающиеся от трехфазного источника переменного напряжения, расположены на 120° друг относительно друга, что обеспечивает создание вращающегося электрического поля, которое вращает ротор и вал *5*. Исполнение статора и ротора поясняется чертежами (рис. 3).

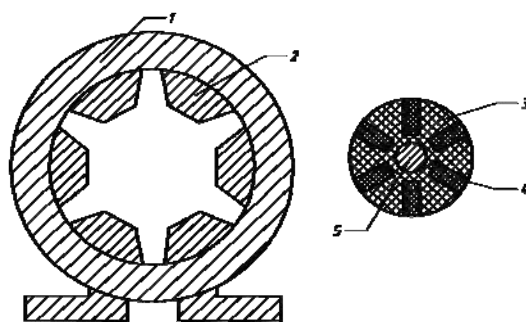


Рис. 3. Разрез статора и ротора

Принцип работы двигателя заключается в том, что на электроды, расположенные относительно друг друга на 120° , подается переменное напряжение от трехфазного источника напряжений и образуется вращающееся электрическое поле, которое увлекает за собой электреты, в результате чего создается вращающий момент ротора. Система питания диэлектрического двигателя с использованием вращающегося электрического поля показана на рис. 4, б).

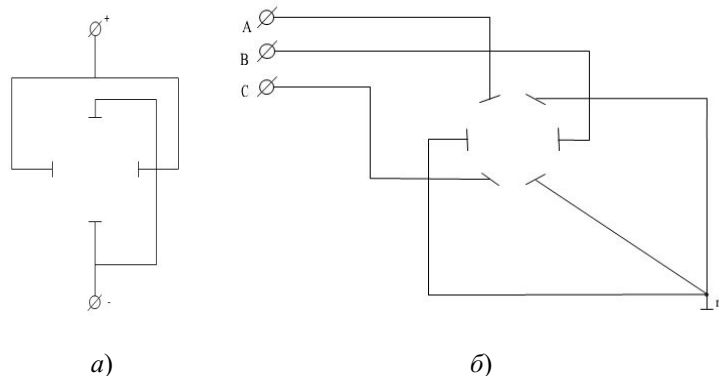


Рис. 4. Система питания диэлектрического двигателя:
а – со статическим электрическим полем; б – с вращающимся электрическим полем

В целом данная конструкция диэлектрического двигателя позволяет повысить эффективность работы за счет использования электретов и создания вращающегося электрического поля.

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА РАБОТУ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

В. В. Горицкий

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Т. В. Алферова

Отклонения показателей качества электроэнергии от нормируемых значений ухудшают условия эксплуатации электрооборудования энергоснабжающих организаций и потребителей электроэнергии, могут привести к значительным убыткам

как в промышленности, так и в бытовом секторе, обуславливают технологический и электромагнитный ущерб [1]. От электрических сетей систем электроснабжения общего назначения питаются электроприемники различного назначения.

Наиболее характерными типами электроприемников, широко применяющимися на предприятиях различных отраслей промышленности, являются электродвигатели. Значительное распространение находят электротермические установки, а также вентиляционные преобразователи. Электродвигатели применяют в приводах различных производственных механизмов. В установках, не требующих регулирования частоты вращения в процессе работы, применяют асинхронные и синхронные электродвигатели.

Влияние отклонений напряжения. Вращающий момент асинхронного двигателя пропорционален квадрату напряжения на его выводах. При снижении напряжения уменьшается вращающий момент и частота вращения ротора двигателя, так как увеличивается его скольжение.

Для двигателей, работающих с полной нагрузкой, понижение напряжения приводит к уменьшению частоты вращения. Если производительность механизмов зависит от частоты вращения двигателя, то на выводах таких двигателей рекомендуется поддерживать напряжение не ниже номинального. При значительном снижении напряжения на выводах двигателей, работающих с полной нагрузкой, момент сопротивления механизма может превысить вращающий момент, что приведет к «опрокидыванию» двигателя, т. е. к его остановке. Снижение напряжения ухудшает и условия пуска двигателя, так как при этом уменьшается его пусковой момент.

В случае снижения напряжения на зажимах двигателя реактивная мощность намагничивания уменьшается (на 2–3 % при снижении напряжения на 1 %), при той же потребляемой мощности увеличивается ток двигателя (можно считать, что при $U = -10\%$ ток двигателя возрастет на 10 % от/ном), что вызывает перегрев изоляции.

Если двигатель длительно работает при пониженном напряжении, то из-за ускоренного износа изоляции срок службы двигателя уменьшается.

Снижение напряжения приводит также к заметному росту реактивной мощности, теряемой в реактивных сопротивлениях рассеяния линий, трансформаторов и АД.

Повышение напряжения на выводах двигателя приводит к увеличению потребляемой им реактивной мощности. При этом удельное потребление реактивной мощности растет с уменьшением коэффициента загрузки двигателя. В среднем на каждый процент повышения напряжения потребляемая реактивная мощность увеличивается на 3 % и более, что, в свою очередь, приводит к увеличению потерь активной мощности в элементах электрической сети.

Характеристики АД и допустимые значения отклонения напряжения приведены в таблице.

Характеристики АД и допустимые значения отклонения напряжения

Характеристики АД	Отклонения напряжения, %	
	-10 % ном	+10 % ном
1. Пусковой и максимальный вращающий момент	-19	+21
2. Скольжение	+23	-17
3. КПД:		
– при номинальной нагрузке	-2	+1
– 75 % от номинальной нагрузки	-2	+1
– 50 % от номинальной нагрузки	– (1–2)	(1–2)

Окончание

Характеристики АД	Отклонения напряжения, %	
	-10 % ном	+10 % ном
4. Ток ротора	+14	-11
5. Ток статора	+10	-7

Влияние несимметрии напряжений. Вследствие несимметричных токов нагрузки, протекающих по элементам системы электроснабжения, на выводах электроприемников (ЭП) появляется несимметричная система напряжений. Отклонения напряжения у ЭП перегруженной фазы могут превысить нормально допустимые значения, в то время как отклонения напряжения у ЭП других фаз будут находиться в нормируемых пределах. Кроме ухудшения режима напряжения у ЭП при несимметричном режиме, существенно ухудшаются условия работы как самих ЭП, так и всех элементов сети, снижается надежность работы электрооборудования и системы электроснабжения в целом.

Небольшая несимметрия напряжений ($K_{2u} \sim 1\%$) вызывает значительные токи обратной последовательности. Токи обратной последовательности накладываются на токи прямой последовательности и вызывают дополнительный нагрев статора и ротора асинхронного двигателя, что приводит к ускоренному старению изоляции, уменьшению располагаемой мощности и КПД двигателя. Так, срок службы полностью загруженного асинхронного двигателя, работающего при несимметрии напряжения 4 %, сокращается в два раза. При несимметрии напряжения – 5 % располагаемая мощность двигателя уменьшается на 5–10 %.

Влияние несинусоидальности напряжения. ЭП с нелинейными вольт-амперными характеристиками потребляют из сети несинусоидальные токи при подведении к их зажимам синусоидального напряжения. Токи высших гармоник, проходя по элементам сети, создают падения напряжения в сопротивлениях этих элементов и, накладываются на основную синусоиду напряжения, приводят к искажениям формы кривой напряжения в узлах электрической сети.

Наиболее серьезные нарушения качества электроэнергии (КЭЭ) в электрической сети имеют место при работе мощных управляемых вентильных преобразователей.

В зависимости от схемы выпрямления вентильные преобразователи генерируют в сеть следующие гармоники тока: при 6-фазной схеме – до 19-го порядка; при 12-фазной схеме – до 25-го порядка включительно.

Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения в сетях с электродуговыми сталеплавильными и рудно-термическими печами определяется в основном 2–5-й, 7-й гармониками.

Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения установок дуговой и контактной сварки определяется в основном 5-й, 7-й, 11-й, 13-й гармониками.

Токи 3-й и 5-й гармоник газоразрядных ламп составляют 10 и 3 % от тока 1-й гармоники. Эти токи совпадают по фазе в соответствующих линейных проводах сети и, складываясь в нулевом проводе сети 380/220 В, обуславливают ток в нем, почти равный току в фазном проводе. Остальными гармониками для газоразрядных ламп можно пренебречь.

Высшие гармоники тока и напряжения вызывают дополнительные потери активной мощности во всех элементах системы электроснабжения: в линиях электропередачи, трансформаторах, электрических машинах, статических конденсаторах, так как сопротивления этих элементов зависят от частоты.

Влияние отклонения частоты. Жесткие требования стандарта к отклонениям частоты питающего напряжения обусловлены значительным влиянием частоты на режимы работы электрооборудования и ход технологических процессов производства.

Анализ работы предприятий с непрерывным циклом производства показал, что большинство основных технологических линий оборудовано механизмами с постоянным и вентиляторным моментами сопротивлений, а их приводами служат асинхронные двигатели. Частота вращения роторов двигателей пропорциональна изменению частоты сети, а производительность технологических линий зависит от частоты вращения двигателя.

Наиболее чувствительны к понижению частоты двигатели собственных нужд электростанций. Снижение частоты приводит к уменьшению их производительности, что сопровождается снижением располагаемой мощности генераторов и дальнейшим дефицитом активной мощности и снижением частоты (имеет место лавина частоты).

Пониженная частота в электрической сети влияет на срок службы оборудования, содержащего элементы со сталью (электродвигатели, трансформаторы, реакторы со стальным магнитопроводом), за счет увеличения тока намагничивания в таких аппаратах и дополнительного нагрева стальных сердечников [2].

Литература

1. Жежеленко, И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения предприятий / И. В. Жежеленко. – М. : Энергоатомиздат. 2000. – 331 с.
2. Влияние качества электроэнергии на работу электроприемников. – Режим доступа: <http://forca.com.ua/instrukcii/energonaglyad/vliyaniye-kachestva-elektroenergii-na-rabotu-elektropriemnikov.html>. – Дата доступа: 29.10.2017.

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

И. А. Горох

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Т. В. Алферова

Компрессоры – это особый класс оборудования, которое применяется во многих, самых разных отраслях народного хозяйства: от горнодобывающей промышленности до медицины. Используются они в быту, в сельском хозяйстве, строительстве, ЖКХ. Область их применения настолько велика, что требует большого разнообразия видов и типов компрессорного оборудования.

Назначение компрессора состоит в сжатии газа и непрерывной подаче его к месту потребления. Основное потребление компрессоров приходится на технически развитые страны, где производство год от года увеличивается. В настоящее время наиболее быстрыми темпами рынок компрессорного оборудования развивается в Северной Америке, Европе и Азии. Ежегодное его увеличение в мировом масштабе составляет в среднем 4 %.

В настоящее время на ОАО «Мозырский нефтеперерабатывающий завод» широко применяются винтовые компрессоры серии Kaeser. Рассмотрим эффективность замены компрессоров ЗИФ ПВ-5/1,0, выработавших свой амортизационный ресурс, на энергоэффективные компрессора Kaeser ASD50.

Компрессоры Kaeser ASD50 – это современные высокоэффективные винтовые компрессоры низкого давления большой производительности, широко используемые в промышленности.

По сравнению с компрессором ЗИФ ПВ-5/1,0 предлагаемое оборудование имеет следующие преимущества: наличие частотного преобразователя; меньший уровень шума; меньшие габариты; наличие осушителя; современную надежную конструкцию; наличие манометра; наличие фильтра высших гармоник.

Внешний вид компрессора Kaeser ASD50 приведен на рис. 1, паспортные характеристики – в таблице.



Рис. 1. Внешний вид компрессора Kaeser ASD50

Паспортные характеристики компрессора Kaeser ASD50

Паспортные характеристики	Kaeser ASD50
Производительность, л/мин	5000
Рабочее давление, бар	7,5
Мощность двигателя, кВт	25
Питание, В	380
Тип привода	Прямой
Тип двигателя	Электрический
Уровень шума, дБА	66
Габариты, мм	1460 × 900 × 1530
Наличие частотного преобразователя	есть
Страна происхождения	Германия
Безмасляный	нет
С осушителем	да
Передвижной	нет
Манометр	да

Годовой расход условного топлива компрессора ЗИФ ПВ-5/1,0:

$$B_{\text{ЗИФ}} = L \cdot K_{\text{и}} \cdot T_{\text{год}} \cdot k_{\text{дт}}, \quad (1)$$

где L – расход дизельного топлива компрессора ЗИФ ПВ-5/1,0 за час, л; $L = 9,1$ л; $K_{\text{и}}$ – коэффициент использования компрессоров, $K_{\text{и}} = 0,7$; $T_{\text{год}}$ – время работы компрессорного оборудования за год, ч; $T_{\text{год}} = 5840$ ч; $k_{\text{дт}}$ – коэффициент перевода дизельного топлива в т у. т; $k_{\text{дт}} = 1,45$ л;

$$B_{\text{ЗИФ}} = 9,1 \cdot 0,7 \cdot 5840 \cdot 1,45 = 53191 = 53,19 \text{ т у. т/год.}$$

Годовой расход условного топлива компрессора Kaeser ASD50:

$$B_{\text{К}} = P_{\text{уст}} \cdot K_{\text{и}} \cdot T_{\text{год}} \cdot k_{\text{э}}, \quad (2)$$

где $P_{\text{уст}}$ – установленная мощность компрессора Kaeser ASD50, кВт; $P_{\text{уст}} = 25$ кВт; $k_{\text{э}}$ – коэффициент перевода электрической энергии в т у. т.; $k_{\text{э}} = 0,2809$;

$$B_{\text{К}} = 25 \cdot 0,7 \cdot 5840 \cdot 0,2809 = 28610 = 28,61 \text{ т у. т/год.}$$

Годовая экономия условного топлива от внедрения мероприятия составит:

$$\Delta B = B_{\text{ЗИФ}} - B_{\text{К}}; \quad (3)$$

$$\Delta B = 53,19 - 28,61 = 24,58 \text{ т у. т/год}$$

Годовая экономия электроэнергии после замены составит:

$$\Delta W = \Delta B \frac{1}{k_{\text{э}}}; \quad (4)$$

$$\Delta W = 24,58 \frac{1}{0,2809} = 87,78 \text{ тыс. кВт} \cdot \text{ч/год.}$$

Таким образом, установка современных компрессоров серии Kaeser является экономически эффективной.

ЗАЩИТА СИСТЕМЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ ДЕЙСТВИЙ

А. А. Дашкевич

*Учреждение образования «Военная академия
Республики Беларусь», г. Минск*

Научный руководитель А. М. Кузьмицкий

На заседании Совета безопасности Республики Беларусь, которое проходило 15 января 2007 г. под председательством главы государства, было принято окончательное решение о собственной атомной электростанции. Сегодня строительство Бе-

лорусской АЭС находится на завершающей стадии. При этом атомная электростанция является особо важным государственным объектом, который должен обладать соответствующей защищенностью.

На вопрос, что именно надо защищать, отвечает определение, приведенное в Законе Республики Беларусь «Об использовании атомной энергии» (принят 30 июля 2008 г.): «объекты использования атомной энергии (ОИАЭ) – ядерная установка, пункт хранения, ядерные материалы, обработавшие ядерные материалы, эксплуатационные радиоактивные отходы».

Для обеспечения безопасности АЭС создается система физической защиты (СФЗ). Определения понятий «физическая защита» (ФЗ), «системы физической защиты» и «эффективность системы физической защиты» закреплены в ТКП 531–2014.

Так, ФЗ – это комплекс технических, организационных и иных мер, направленных на сохранность ОИАЭ и предотвращение несанкционированного доступа к ним; СФЗ – это совокупность организационных и технических мероприятий, проводимых администрацией ядерного объекта, его службой безопасности, подразделениями охраны (персоналом СФЗ) с использованием инженерно-технических средств физической защиты.

Эффективность СФЗ – ее способность противостоять действиям нарушителей в отношении ядерных материалов, ядерных установок, пунктов хранения и (или) других предметов ФЗ с учетом принятого при проектировании СФЗ перечня угроз и моделей нарушителей.

В целях формирования единого подхода к определению угроз в отношении ОИАЭ, учитываемых при создании СФЗ в Республике Беларусь, в 2010 г. министром внутренних дел было утверждено Положение о проектной угрозе объектам использования атомной энергии, в котором были определены следующие обобщенные типы нарушителей:

I – внешний нарушитель – террористическая или диверсионная группа. Вероятная тактика действий – насильственная, с вооруженным нападением, преодолением физической защиты ОИАЭ (в том числе с применением транспортных средств), с возможным захватом заложников.

II – внешний нарушитель, преследующий корыстные цели. Вероятная тактика действий – скрытая. Может вступать в сговор с личным составом подразделений охраны с целью получения информации и проникновения на ОИАЭ.

III – внутренний нарушитель – сотрудник ОИАЭ из числа обслуживающего персонала, имеющий право доступа на территорию и внутрь вспомогательных сооружений, но не имеющий права постоянного доступа к местам хранения ядерных материалов и технологическому оборудованию, несанкционированные действия в отношении которого могут привести к аварии на АЭС. Вероятная тактика действий – скрытая.

IV – внутренний нарушитель – сотрудник ОИАЭ, имеющий непосредственный доступ к ФЗ ОИАЭ. В остальном характеризуется как нарушитель третьего типа. Вероятная тактика действий – скрытая. Возможно перемещение ядерных материалов за пределы места их хранения с последующим выносом за территорию объекта (скрыто или по подложным документам).

V – внутренний нарушитель – работник (военнослужащий) подразделения охраны или сотрудник службы безопасности ОИАЭ. Вероятная тактика действий – скрытая, в том числе с отключением технических средств ФЗ ОИАЭ.

Для ответа на вопрос, как защищать, рассмотрим инженерные и технические средства ФЗ, которые препятствуют несанкционированным действиям нарушителя.

К инженерным средствам ФЗ относятся сооружения, конструкции и физические барьеры. Под физическим барьером следует понимать препятствие, создающее задержку по времени проникновению нарушителя в охраняемые зоны: к уязвимым местам или ядерным материалам.

Физическими барьерами являются: строительные конструкции ядерного объекта (стены, перекрытия, ворота, двери); специально конструкции (заграждения, противотаранные устройства, решетки, усиленные двери, контейнеры); другие физические (в том числе естественные) препятствия.

Техническими средствами системы физической защиты являются элементы и устройства, входящие в состав следующих основных функциональных систем: охранной и тревожно-вызывной сигнализации; контроля и управления доступом; оптико-электронного наблюдения и оценки ситуации; оперативной связи и оповещения; защиты информации; телекоммуникаций; обеспечения электропитания, освещения.

Таким образом, основными средствами, затрудняющими действия нарушителей при попытках несанкционированного проникновения, являются физические барьеры. Обнаружение несанкционированного доступа в охраняемые зоны, здания, сооружения, помещения и выдачу сигнала о срабатывании средств обнаружения обеспечивает охранная и тревожно-вызывная сигнализация.

Расчеты, необходимые для определения и оценки эффективности СФЗ и уязвимости ОИАЭ, требуют учета многочисленных данных и факторов и, как следствие, значительных трудозатрат. Применение компьютерного моделирования для оценки эффективности как проектируемой, так и существующей СФЗ позволяет уменьшить объемы работы аналитика и свести к минимуму вероятность возможных ошибок.

Конечным результатом анализа является количественная характеристика эффективности, определяемая как вероятность преодоления нарушителем СФЗ, позволяющая понять, на каком этапе преодоления различных физических барьеров СФЗ окажется неэффективной (т. е. силы реагирования не успевают прибыть в определенное место до того, как нарушитель совершит задуманное). Это поможет в установлении и устранении ее слабых мест. В сущности задача оценки уязвимости является задачей вероятностного анализа и может быть решена известными способами.

Рассмотрим пример моделирования попытки совершения террористического акта и его предотвращения. Вооруженная *террористическая* группа прорывается через физические барьеры, установленные на периметре объекта. В момент T_0 (начало действий нарушителей) первое средство обнаружения выдает сигнал тревоги. В момент T_c начинают действовать силы реагирования. Нарушитель последовательно преодолевает физические барьеры внутри охраняемой зоны.

Задержка завершается в момент T_n и нейтрализация нарушителя завершает выполнение задачи в момент T_z до совершения им несанкционированного действия и побега.

Сценарий действий нарушителя выглядит следующим образом (рис. 1):

- задача 1 – преодолеть физические барьеры на периметре объекта;
- задача 2 – проникнуть в охраняемое здание;
- задача 3 – проникнуть в охраняемое помещение;
- задача 4 – совершить несанкционированное действие и побег с объекта.

Общее время задержки нарушителя T_{\min} рассчитывается по формуле

$$T_{\min} = \sum_{i=k}^m T_i > T_g,$$

где m – общее число физических барьеров, находящихся на маршруте движения нарушителя от начала запретной зоны до пункта хранения ядерных материалов; k – точка, в которой T_{\min} начинает превышать T_g ; i – средство обнаружения нарушителя; T_g – время выдвигания сил реагирования.

Суммарная вероятность обнаружения определяется по формуле

$$P_I = 1 - \prod_{i=k}^{k-1} (1 - P_i),$$

где P_I – вероятность обнаружения нарушителя датчиком обнаружения; $(1 - P_i)$ – вероятность необнаружения.

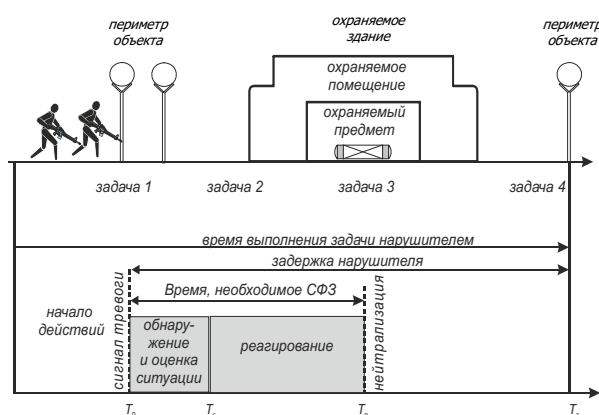


Рис. 1. К иллюстрации сценария действий нарушителя и сил реагирования

Сегодня при создании систем физической защиты применяются самые передовые технологии, в том числе и в области системного анализа и математического моделирования развития чрезвычайной ситуации. Представленный обзор программного обеспечения предопределяет два возможных направления деятельности специалистов, участвующих в обеспечении комплексной безопасности функционирования Белорусской АЭС.

Во-первых – изучение, выбор и использование наиболее оптимального из представленных программных продуктов в практической деятельности по оценке уязвимости системы физической защиты. Во-вторых – разработка собственных алгоритмов и программ системного анализа и оценки эффективности системы физической защиты.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ДВУХФАЗНЫХ ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ В СИСТЕМАХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Н. А. Дорохова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. В. Шаповалов

Итальянская компания Cominter производит широкий спектр теплообменных аппаратов, применяемых в системах кондиционирования воздуха, в том числе теплообменные аккумулирующие батареи, рекуперативные теплообменники воздух-воздух (RCA), фреоновые рекуперативные теплообменники (RCD) [1].

На промышленных предприятиях, в случае, если возникает необходимость обработки воздуха, например, при наличии пыли или взвесей, масла, прибегают к использованию аккумулирующих батарей без ребер (рис. 1). В качестве материала труб используется нержавеющая и углеродистая сталь с толщиной листа от 1,5 до 3 мм. Тестирование осуществляется путем пропускания внутри труб батареи, погруженной в ванну с водой, сжатого воздуха при давлении, которое варьирует от 10 до 30 бар; эта операция позволяет выявить отклонения (потери), обусловленные некачественной сваркой или дефектами материала [1].



Рис. 1. Батареи без ребер

Аккумулирующие батареи в отличие от других систем, использующих принцип перекрестных потоков, позволяют восстанавливать в основном явную теплоту. В то же время любая скрытая теплота превращается в явную, передаваемую более холодной батарее. В замкнутом контуре промежуточный теплоноситель с помощью насоса циркулирует между двумя или более тепловыми или обменными батареями (рис. 2). В качестве теплоносителя в зависимости от рабочих температур может служить вода, антифриз или диатермическая жидкость. Полное физическое разделение двух потоков и последующее исключение любой опасности загрязнения делают данную систему пригодной для применения в различных отраслях промышленности [1].

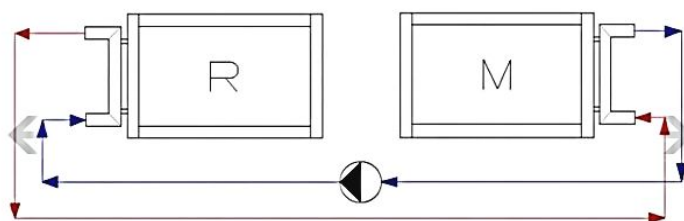


Рис. 2. Принципиальная схема работы резервных батарей

Достоинства резервных батарей:

- высокое качество;
- возможность получения тепла от нескольких источников, находящихся на расстоянии друг от друга;
- отсутствие загрязнения между двумя воздушными потоками.

Недостатки резервных батарей:

- наличие промежуточной жидкости позволяет получить доход, который едва превышает 55 %.

Рекуперативный пластинчатый теплообменник DUOTERM RCP (рис. 3) обеспечивает возможность получения тепла как в явном, так и в скрытом виде. Теплообменник DUOTERM RCP состоит из участков теплообмена, выполненных в виде пло-

ских алюминиевых пластин, чередующихся с рифлеными алюминиевыми листами, которые вмонтированы в алюминиевый корпус. Рекуперативные теплообменники DUOTERM RCP имеют большую поверхность теплообмена, полученную путем уменьшения расстояния между рифлеными пластинами, что позволяет получить большое количество дополнительно накопленного тепла [1].



Рис. 3. Пластинчатый рекуперативный теплообменник Dueterm RCP

Достоинства рекуперативного теплообменника:

- низкое загрязнение двух воздушных потоков;
- легкая очистка.

Недостатки рекуперативного теплообменника:

- два потока воздуха должны находиться близко друг к другу;
- скрытая теплота передается только тогда, когда температура поверхности рекуперативного теплообменника падает ниже точки росы;
- конденсация одного из воздушных потоков приводит к появлению влаги [1].

Британская компания S & P Coil Products Limited является хорошо зарекомендовавшим себя производителем и поставщиком нагревательных и охлаждающих пучков труб для систем подачи воды, хладагента/пара и электронагревательных батарей. Созданная в 1979 г. компания SPC теперь работает во всем мире [2].

Тепловые трубы являются наиболее эффективным пассивным методом передачи тепла, доступным на сегодняшний день. В простейшей форме герметичная трубка (обычно из меди) изолируется и заполняется рабочей жидкостью. В качестве рабочей жидкости в тепловых трубах в настоящее время используются хладагенты, такие, как R134A, хотя вода также используется в качестве альтернативы. Тепловые трубы, помимо кондиционеров, используются во многих областях промышленности, включая охлаждение литейных штампов, электронных схем, генераторов в атомной энергетике, энергосбережения, размораживания и в пищевой промышленности [2].

Принцип действия тепловой трубы заключается в следующем. Тепло от поступающего теплого воздушного потока всасывается в секции испарителя, что приводит к закипанию рабочей жидкости. Из-за повышенного давления пар быстро перемещается в более холодную секцию конденсатора тепловой трубки, перенося при этом поглощенное тепло. Когда пар достигает области конденсации тепловой трубы, тепло отводится в охладитель воздуха и пар конденсируется. Жидкость возвращается под действием силы тяжести для завершения цикла. Весь процесс передачи тепла происходит с очень небольшой разностью температур вдоль трубы. Этот процесс получил название эффекта тепловой трубы (рис. 4) [2].

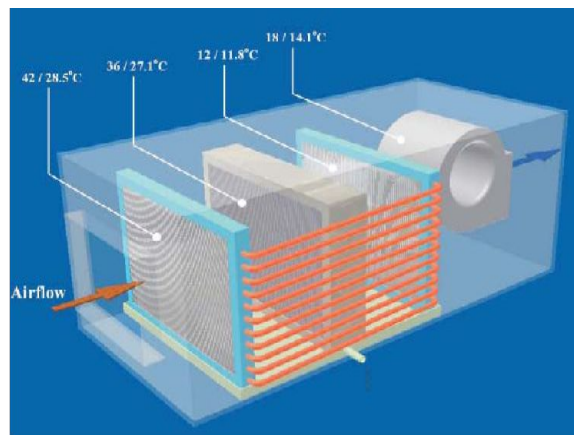


Рис. 4. Эффект тепловой трубы

Тепловые трубы имеют ряд преимуществ:

- отсутствие движущихся частей;
- высокая эффективность;
- низкое падение давления воздуха;
- легкий дренаж конденсата;
- отсутствие прямой потребности в энергии;
- передача тепла без перекрестного загрязнения;
- долговечны и практически не требуют технического обслуживания [2].

Кроме того, тепловые трубы можно обрабатывать, чтобы они могли выдерживать коррозионные среды, такие, как бассейны и некоторые технологические процессы [2].

Литература

1. Cominter. – Режим доступа: <http://www.comintersrl.com>. – Дата доступа: 04.04.2018.
2. SPC. – Режим доступа: <http://www.spc-hvac.co.uk>. – Дата доступа: 05.04.2018.

ВЛИЯНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА РАБОЧИЕ И НАДЕЖНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НЕТЯГОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

А. В. Дробов

*Учреждение образования «Белорусский государственный
университет транспорта», г. Гомель*

Научный руководитель В. Н. Галушко

Повышение энергоэффективности работы электрооборудования нетяговых железнодорожных потребителей в системе электроснабжения железных дорог является важной составляющей проблемы экономии электроэнергии на железнодорожном транспорте. Отклонение показателей качества электроэнергии от нормативных значений приводит к ухудшению технико-экономических показателей системы электроснабжения. В связи с этим однозначно оценить ущерб потребителю является сложной задачей в связи с разной степенью влияния электроэнергии по отдельным критериям, их нестабильностью, которая зависит от состава, режимов работы элек-

троприемников и системы электроснабжения в целом. Поэтому проблема влияния показателей качества электроэнергии является актуальной в настоящее время.

Пропускную способность системы электроснабжения (СЭС) выбирают по максимальному значению нагрузки, а на основании электрических нагрузок производится выбор токоведущих частей, трансформаторов, расчет отклонений и колебаний напряжения, выбор компенсирующих установок, экономическое обоснование и т. д. Неточность данных в сторону завышения электрических нагрузок может привести к завышенным капитальным вложениям, а при их уменьшении – к неработоспособности СЭС.

Актуальность постоянного совершенствования СЭС нетяговых железнодорожных потребителей и замены части ее электрооборудования обусловлена следующими причинами:

1. Результатами расчетов величины технологического расхода электрической энергии на ее транспортировку по электрическим сетям для дистанций электроснабжения Республики Беларусь, которые указывают на суммарное снижение потребления электроэнергии для Барановичской, Витебской и Оршанской дистанций электроснабжения (договоры № 5716 за 2008 г., № 198/9875 за 2015 г., № 17/10544 за 2016 г., № 6019 и № 79ЭЧ/9835 за 2015 г.). Для отдельных узлов и линий продольного электроснабжения процент изменения потребления очень значителен.

2. Большой физический износ электропотребляющего оборудования. Более 25 % электрооборудования эксплуатируется более 20 лет, поэтому стоит задача повышения надежности СЭС путем модернизации и замены устаревшего оборудования (результаты энергетических обследований Барановичского вагонного депо за 2013 г. и локомотивного депо г. Жлобина за 2012 г.).

3 Замена двойной трансформации на один трансформатор (например, применение трансформатора ТМГ-100/10-У1 Минского электротехнического завода имени В. И. Козлова).

Соблюдение отраслевых норм СЭС, нормативное качество питающего напряжения потребителей, минимально возможный уровень потерь электрической энергии обуславливает применение современных информационных технологий на основе эффективных математических моделей и методов. Приведем некоторые оптимизационные задачи, решаемые при электроснабжении нетяговых железнодорожных потребителей:

- выбор рациональной с точки зрения технико-экономических показателей схемы электроснабжения локомотивных, вагонных депо и различных предприятий в целом;
- технически и экономически обоснованный выбор числа, мощности и режима работы трансформаторов подстанций;
- выбор электрических аппаратов, изоляторов и токоведущих устройств;
- выбор сечений проводов, шин и жил кабелей;
- выбор трасс и способов прокладки электросетей с учетом коммуникаций энергохозяйства в целом.

Задачи технико-экономического обоснования и анализа надежности СЭС нетяговых железнодорожных потребителей частично решаются с помощью имитационной и аналитической программ, представленных в работах [1]–[3]. Материал данной статьи посвящен дальнейшему развитию инструментария специализированных программ. На основании выходных данных программ моделирования выполняются процедуры анализа рабочих и надежностных характеристик асинхронных приводов и трансформаторов, применяемых в качестве железнодорожных нетяговых потребителей СЭС.

Основными экономическими показателями при проектировании СЭС являются первоначальные (капитальные) вложения и ежегодные (текущие) расходы, основанные на методе срока окупаемости. К важным техническим показателям относятся надежность, удобство эксплуатации, долговечность сооружения, объем текущих и капитальных ремонтов, степень автоматизации и т. п. Экономические показатели во многих случаях являются решающими, однако при условии равноценности стоимостных показателей предпочтение следует отдать лучшему техническому решению.

Асинхронные двигатели. При изменении напряжения изменяется механическая характеристика АД – зависимость его вращающего момента M от частоты вращения. С достаточной точностью можно считать, что вращающий момент двигателя пропорционален квадрату напряжения на его выводах. При снижении напряжения уменьшается вращающий момент и частота вращения ротора двигателя, так как увеличивается его скольжение.

Снижение частоты вращения зависит также от закона изменения момента сопротивления M_c и от загрузки двигателя. Зависимость частоты вращения ротора двигателя от напряжения можно выразить следующим образом:

$$n_1 = n_0 \left(1 - k_3 \frac{U_{\text{ном}}^2}{U^2} s_{\text{ном}} \right), \quad (1)$$

где n_0 – синхронная частота вращения; k_3 – коэффициент загрузки двигателя; $s_{\text{ном}}$ – номинальное значение скольжения.

Из формулы (1) видно, что при малых нагрузках двигателя частота вращения ротора будет больше номинальной частоты вращения (при номинальной нагрузке двигателя). В таких случаях понижение напряжения не приводит к уменьшению производительности технологического оборудования, так как снижения частоты вращения двигателей ниже номинальной не происходит.

Для двигателей, работающих с полной нагрузкой, понижение напряжения приводит к уменьшению частоты вращения. Если производительность механизмов зависит от частоты вращения двигателя, то на выводах таких двигателей рекомендуется поддерживать напряжение не ниже номинального. При значительном снижении напряжения момент сопротивления механизма может превысить вращающий момент, что приводит к «опрокидыванию» двигателя, т. е. к его остановке. Во избежание повреждений двигатель необходимо отключить от сети. Снижение напряжения ухудшает и условия пуска двигателя, так как при этом уменьшается его пусковой момент [3].

Практический интерес представляет зависимость потребляемой двигателем активной и реактивной мощности от напряжения на его выводах. В случае снижения напряжения на зажимах двигателя реактивная мощность намагничивания уменьшается (на 2–3 % при снижении напряжения на 1 %), при той же потребляемой мощности увеличивается ток двигателя, что вызывает перегрев изоляции.

Снижение напряжения приводит также к заметному росту реактивной мощности, теряемой в реактивных сопротивлениях рассеяния линий, трансформаторов и АД.

Повышение напряжения на выводах двигателя приводит к увеличению потребляемой им реактивной мощности. При этом удельное потребление реактивной мощности растет с уменьшением коэффициента загрузки двигателя. В среднем на каждый процент повышения напряжения потребляемая реактивная мощность увеличивается на 3 % и более (в основном за счет увеличения тока холостого хода двигателя), что, в свою очередь, приводит к увеличению потерь активной мощности в элементах электрической сети.

Трансформаторы, кабельные и воздушные линии. При расчете потерь активной мощности в кабельных и воздушных линиях и трансформаторах в несимметричных режимах полагают, что эти потери определяются только током обратной последовательности. Несимметрия напряжений не оказывает заметного влияния на работу кабельных и воздушных линий, но при тех же условиях нагрев трансформаторов и сокращение срока их службы могут оказаться существенными.

Для анализа различных показателей работы электрооборудования с ним были проведены приборные исследования. Оборудование и приборы: ваттметры, мультиметры, трехфазный инвертор на базе микроконтроллера MB90F562 (Fujitsu) и силового интеллектуального модуля PS11033 (Mitsubishi), синхронный генератор и др. В процессе исследований изучалось влияние частоты, напряжения и температуры на электропотребление и рабочие характеристики АД.

В качестве выходных значений регистрировались: напряжение, ток, частота сети, активная и полная мощность, КПД трехфазного инвертора, напряжение, частота, момент на валу, линейные токи, cosφ, частота вращения, подводимая активная и полезная мощности на валу, КПД АД. В качестве объекта исследования были использованы несколько АД номинальной мощностью от 60 до 1700 Вт.

Заключение. Таким образом, обладая данными о количественном влиянии напряжения и других факторов на технические характеристики приемника электрической энергии, можно оценить экономический убыток от снижения надежности, эффективные режимы напряжения в различных точках сети и экономически обоснованные способы его поддержания.

Литература

1. Алферов, А. А. Автоматизированный выбор элементов и решение задач при проектировании систем электроснабжения напряжением до 1 кВ / А. А. Алферов, А. В. Дробов, В. Н. Галушко // Агротехника и энергообеспечение, 2017. – Т. 2, № 1 (14). – С. 62–74.
2. Дробов, А. В. Имитационная модель оценки параметров надежности электроснабжения нетяговых потребителей железнодорожного транспорта / А. В. Дробов, В. Н. Галушко, И. С. Евдасев // Энергетика и ТЭК. – 2017. – № 2 (167). – С. 16–18.
3. Галушко, В. Н. Надежность электроустановок и энергетических систем / В. Н. Галушко, С. Г. Додолев // М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2014. – 154 с.

СУЩЕСТВУЮЩИЕ СПОСОБЫ ХИЩЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И СПОСОБЫ ИХ ВЫЯВЛЕНИЯ

Н. А. Ечишев

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Т. В. Алферова

Одним из видов коммерческих потерь электроэнергии является ее хищение. Электроэнергия, как и любой вид жизнедеятельности человека, является товаром, который можно не только купить, но и продать, а также украсть, присвоить или растратить. Остаются актуальными как старые, так и новые способы хищения электроэнергии. При этом даже человек, не имеющий специального образования, с целью экономии может придумать различные хитрые и изощренные способы ее хищения. Однако все несанкционированные подключения сопровождаются опасностью возникновения пожаров.

Существуют следующие способы хищения электрической энергии [1]:

1. Подключение всей домашней сети или отдельных мощных потребителей электроэнергии к вводу или линии электропередач в обход электрического счетчика.
2. Подключение электросчетчика в обратном порядке с целью отматывания диска назад ранее потребленных киловатт электроэнергии.
3. Установка магнитов различных мощностей магнитного поля для частичной или полной остановки вращения диска.
4. Отключение рабочего нулевого провода на вводе и подключение домашней сети к заземлению, чтобы исключить электросчетчик из схемы учета потребления электроэнергии.
5. Включение в сеть специальных устройств, потребляющих электроэнергию кратковременными импульсами, на которые электросчетчик почти не реагирует.
6. Перепрошивка программных алгоритмов в электросчетчиках последнего поколения с целью хищения части потребленной электроэнергии.
7. Умышленное повреждение механизмов электросчетчика или вмешательство в их работу.

Перечисленные способы хищения электроэнергии хорошо известны работникам энергоснабжающих организаций, так же как и следы (улики), которые остаются после их применения.

В настоящее время на многих сайтах [2], [3] предлагаются устройства, позволяющие легально экономить электроэнергию с помощью различных вариантов подключений и схем самодельных устройств. Многие устройства уже имеются в готовом исполнении, принцип действия которых основан на преобразовании реактивной мощности. В большинстве случаев эти устройства не работают, но продаются доверчивым потребителям за большие деньги. Продавцы таких устройств сразу информируют покупателей о том, что они предназначены для воровства электроэнергии. Подобные устройства работают по принципу импульсного кратковременного отбора тока через прибор учета во время прохождения полупериода синусоиды (рис. 1). Отбор тока осуществляется мощными тиристорами, которые открываются специальной схемой, которая отслеживает колебания синусоиды сети. Этим током производится заряд конденсаторов, который отдается обратно в сеть, или преобразуется генератором синусоидального напряжения, питающего подключенные электроприборы. Данный способ позволяет значительно замедлить счетчик, но полностью не может его остановить.

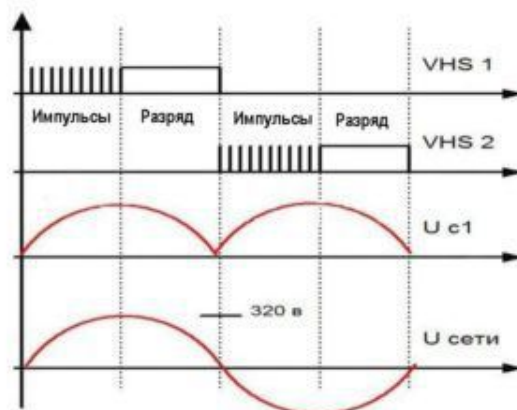


Рис. 1. Схема заряда конденсатора и отдача тока в сеть

Если электросчетчик допускает обратное вращение, то генератор синусоиды, работающий от конденсаторов, заряжаемых кратковременными импульсами, подключается к сети синфазно с завышенным напряжением, заставляя электрический счетчик «отматывать» назад существующие показания. В обоих случаях количество сворованной или отмотанной электроэнергии зависит от мощности тиристоров отбора и транзисторов генератора, а также емкости конденсаторов и типа электросчетчика.

Рассмотрим наиболее простые способы хищения электроэнергии.

Первый способ – отсутствие на счетчике крышки клеммной колодки или пломбы (рис. 2). Если по каким-то причинам на счетчике отсутствует крышка клеммной колодки счетчика или пломба на ней (это часто допускают по невнимательности), то самый простой способ остановить счетчик – это отпустить винт напряжения в однофазных и отвинтить перемычки между 1-й и 2-й, 4-й и 5-й, 7-й и 8-й клеммами в трехфазных счетчиках.



Рис. 2. Отсутствие на счетчике крышки клеммной колодки или пломбы

Открытая крышка позволяет также легко заставить счетчик вращаться в обратную сторону. Для этого достаточно поменять местами пару проводов от 1-й и 3-й клеммы (слева), а для трехфазного: от 1-й и 3-й; 4-й и 6-й; 7-й и 9-й клеммы. Характерные особенности данного способа хищения: предприимчивые абоненты иногда покрывают лаком нижнюю часть головки винта и он, даже нормально затянутый, не обеспечивает контакт с перемычкой.

Второй способ – с помощью самодельного шунта (рис. 3): в счетчике есть планки из изоляции. Вырезаем точно такие же из фольгированного гетинакса (для старых счетчиков рабочая только левая, а вторая – для вида). Получается, что, чем шунт сильнее затягивает винт, тем медленнее вращается диск, вплоть до остановки.

Третий способ – хищение электроэнергии с помощью изменения месторасположения шунта (рис. 4): шунт можно поместить в углубление между 1-й и 2-й клеммами с обратной стороны счетчика, которое залито битумом. После «доработки» заливку надо восстановить. Если удастся развернуть счетчик, то это можно проделать, не срывая пломб [4].



Рис. 3. Хищение электроэнергии с помощью самодельного шунта



Рис. 4. Хищение электроэнергии с помощью изменения месторасположения шунта

В Республике Беларусь за несанкционированное подключение, а также за вред, причиненный энергосистеме, предусмотрена административная ответственность. Руководствуясь ст. 20.10 Кодекса об административных правонарушениях Республики Беларусь (далее – КоАП РБ) о нарушении правил пользования электрической или тепловой энергией, самовольное подключение приемников электрической или тепловой энергии, либо безучетное потребление такой энергии, либо повреждение расчетных приборов учета расхода такой энергии или нарушение схем их подключения, а равно иные нарушения правил пользования электрической или тепловой энергией влекут наложение штрафа в пятикратном размере от суммы причиненного ущерба.

Также предусмотрена ст. 23.35 КоАП РБ за умышленные повреждение или срыв печати (пломбы), наложенной уполномоченным должностным лицом (за исключением действий, предусмотренных ст. 18.34 настоящего Кодекса), которая влечет наложение штрафа в размере от шести до десяти базовых величин [5].

Л и т е р а т у р а

1. Актуальная информация. – 2018. – Режим доступа: http://www.borisov.minsk-region.by/ru/actuality/i-vnov-o-xischenii-elektroenergii_i_19560.html. – Дата доступа: 14.03.2018.
2. Универсальное автоматическое энергосберегающее устройство минимизации (стабилизации) мощности (МИМ). – 2011. – Режим доступа: <http://elektromb.ru/>. – Дата доступа: 20.02.2018.
3. Прибор экономии энергии Electricity Saving Box. – 2010. – Режим доступа: <https://okna-comfort.ru/magazin/tovary-telemagazinov/pribor-economii-energii-ekonog>.
4. Все способы обмана электросчетчиков. – 2005. – Режим доступа: <http://www.tranklukator.ru/kniga1.shtm>.
5. Кодексы Республики Беларусь. – 2017. – Режим доступа: <http://kodeksy.by/koap/statya-20.10>.

ФОТОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ ВЛИЯНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Ю. И. Железнякова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Научный руководитель А. И. Кравченко

В последние годы в связи с быстрым распространением светодиодных источников света усилился интерес не только к техническим характеристикам (световая отдача, качество цветопередачи, цветовая температура и др.), но и к медико-биологическим аспектам новых технологий освещения, базируемых на светодиодах. При этом существенны вопросы как непосредственной опасности поражения зрительных органов излучением светодиодами, так и возможные последствия для психофизио-

логического и физического здоровья людей длительного нахождения при освещении светодиодами [1].

По современным представлениям человеческий глаз имеет два канала восприятия излучения:

– зрительный канал, сенсорами для которого являются хорошо известные 3 типа колбочек и палочки, определяющие цветное дневное и «серое» сумеречное зрение;

– открытый сравнительно недавно незрительный (биологический) канал на основе меланопсинсодержащих ганглиозных клеток сетчатки глаза, сигналы от которого поступают непосредственно в эпифиз – нейроэндокринный орган, регулирующий секрецию гормона мелатонина в кровь. Мелатонин – это характерный для человека гормон. Он вырабатывается шишковидной железой, расположенной в центральной части мозга, но вне гематоэнцефалического барьера. Именно центральная нервная система (особенно супрахиазмальное ядро) регулирует суточные циклы паракринной и эндокринной систем. Биологическое действие света заключается в том, что сильное освещение подавляет секрецию мелатонина, вызывая состояние активности, а слабая освещенность или ее отсутствие способствует выработке мелатонина, приводящего к состоянию расслабления и сна. Мелатонин влияет на температуру тела и препятствует повреждению ДНК [2], [3]. Медико-биологические исследования показывают, что отклонения от естественных суточных колебаний содержания мелатонина в крови, не исчерпываются нарушениями психического состояния (бессонница, депрессия, тревога [4]), но накапливаясь в течение длительного времени, ведут к тяжелым последствиям для общего здоровья человека: преждевременное старение, потеря репродуктивной функции, развитие рака и др. [5], [6]. Недостаточный уровень освещенности, плюс низкая интенсивность синего света (480 нм) для поддержания глаза в закрытом состоянии может вызвать близорукость (миопия). Миопия бывает и при свете от свечи, от керосиновых ламп, что было отмечено во многих исследованиях, а также при использовании ламп накаливания малой мощности. Спектр света, не адекватный солнечному, порождает дисгармонию в работе функциональных элементов зрительного анализатора [9].

В этой связи особый интерес представляет изучение биологического действия, как светодиодных, так и других искусственных источников света (ИС) с точки зрения оценки их влияния на концентрацию мелатонина в крови при одном и том же зрительном эффекте, которое определяется цветовой температурой и освещенностью.

Степень влияния «белого» света на наше здоровье постоянно растет из-за распространения излучающих его ламп, которые используются в жилых помещениях, офисах и на улице; так, сверхмощные лампы на стадионах излучают именно «белый» свет. Современные «белые» светодиоды, используемые для освещения, работают по одному принципу – светодиод светит синим светом, а люминофор, которым он покрыт, преобразует свет в белый, добавляя в него желтую и красную составляющую. Недостаток такой конструкции в неравномерности спектра, синем пике и «провале» на голубом и зеленом цвете. Максимум излучения «синего» светодиода приходится на диапазон 440–460 нм, что соответствует области максимальной эффективности возбуждения люминесценции для большинства известных люминофоров, спектр излучения которых простирается от 460 до 800 нм. В спектрах излучения таких светодиодов наблюдается провал интенсивности, который приходится на область 470–490 нм и широкий максимум в диапазоне 520–620 нм. Различные спектры излучения Солнца и таких светодиодов можно видеть на рис. 1 [7], [8].

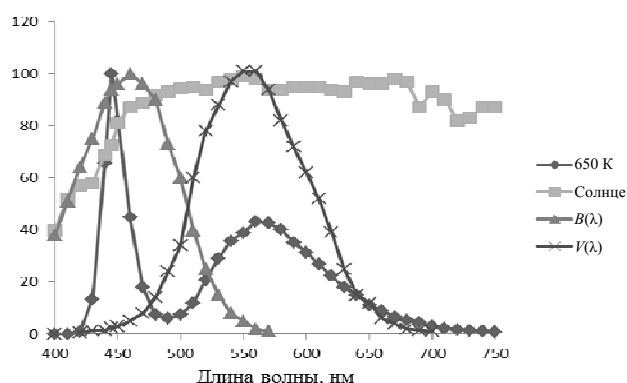


Рис. 1. Относительная кривая средней спектральной чувствительности глаза $V(\lambda)$ и спектр биологического действия $B(\lambda)$ на фоне относительных спектров излучения белого люминофорного светодиода с цветовой температурой $T_{\text{ц}} = 6500$ К и Солнца

Степень влияния цвета света на уменьшение секреции мелатонина в ряде работ [1]–[3] связывают со спектром биологического действия $B(\lambda)$ который определяется спектральной чувствительностью фоторецепторов третьего рода и имеет максимум на длине волны 464 нм (рис. 1). Спектральная чувствительность фоторецепторов третьего рода отличается от спектральной чувствительности зрительного восприятия человеческого глаза (максимум чувствительности колбочек приходится на 555 нм, а палочек – на 509 нм). Зная спектр действия, можно выбрать источник света с подходящим спектральным составом излучения, чтобы обеспечить оптимальную его безопасность при использовании для тех или других целей, а также при создании новых. Кроме того, в спектре любого искусственного источника должна присутствовать необходимая доза синего света 480 нм как необходимое условие меланопсинового эффекта удержания зрачка при его сужении в световой среде для поддержания качественного зрения. Спектры излучения искусственных источников обычно сравнивают со спектром излучения ламп накаливания (ЛН), на которые за последние 100 лет не было никаких нареканий со стороны офтальмологов. В основе расчета относительного влияния различных источников света на подавление секреции мелатонина лежит расчет актиничной дозы (*activation dose ActD*), представляющей собой результат интегрирования модифицированного спектра по всей видимой области спектра. Причем величина актиничной дозы привязывается к актиничной дозе ЛН, которая условно принимается за 100 % [10].

В работе [1] биологическое воздействие искусственных источников оценивается по величине биологического эквивалента (*BioEq*), который также сравнивается с *BioEq* ЛН, принятый за 100 %.

Как показывают медико-биологические исследования и расчеты *BioEq* и *ActD* для ряда ИС, особо опасно использование светодиодных источников с холодным белым светом и цветовой температурой более 6000 К. Для ИС с $T_{\text{ц}} = 3200\text{--}4500$ К *BioEq* в 1,2–1,5 раза больше, чем у ЛН. В то же время для ИС [7] с излучением янтарного цвета значение *BioEq* меньше чем у ЛН. Небезопасно использование и компактных люминесцентных энергосберегающих ламп (КЛЛ) с $T_{\text{ц}} = 3000$ К и выше.

Для выяснения особенностей излучения источников света, которые продаются в наших магазинах, нами были проведены измерения относительных спектров излучения лампы накаливания ЛН-100 Вт, энергосберегающей люминесцентной КЛЛ –

9 Вт – 4200 К, светодиодных: LED – 5 Вт – 2700 К и LED – 5 Вт – 4000 К в видимой области спектра в диапазоне от 400 до 750 нм (рис. 2). Как мы видим, спектры излучения исследованных ИС существенно отличаются от спектра Солнца (рис. 1) и лампы накаливания ЛН. Светодиодные лампы имеют интенсивное излучение в области секрции мелатонина и незначительное излучение в области управления эффектом удержания зрачка глаза для поддержания качественного зрения. У LED – 5 Вт – 2700 К лампы с цветовой температурой около 3000 К более интенсивны желтая и красная компоненты излучения по сравнению с LED – 5 Вт – 4000 К. Энергосберегающая лампа имеет линейчатый спектр излучения с интенсивным излучением в синей и ультрафиолетовой области.

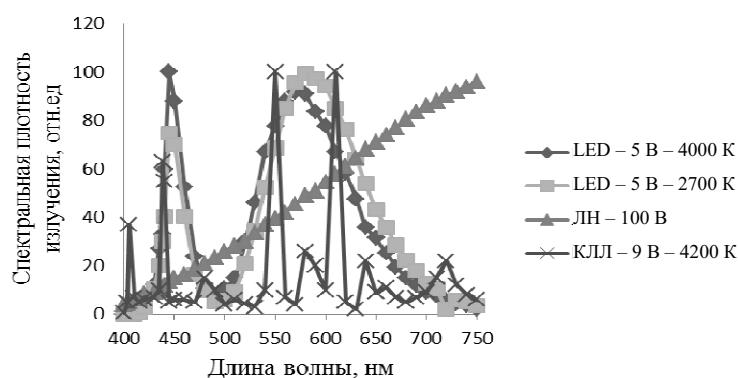


Рис. 2. Измеренные относительные спектры излучения энергосберегающей люминесцентной КЛЛ – 9 Вт – 4200 К, лампы накаливания ЛН-100 Вт, светодиодных – LED – 5 Вт – 2700 К и LED – 5 Вт – 4000 К.

На основе этого можно заключить, что данные дешевые искусственные источники света (СД и КЛЛ) могут негативно влиять на здоровье человека. Следует проявлять предусмотрительность и осторожность в выборе характера освещения и, по крайней мере, ограничивать применение светодиодных источников света с цветовой температурой $T_c = 3000$ К и выше, исключить применение энергосберегающих компактных люминесцентных ламп в жилых помещениях.

В настоящее время ряд ведущих фирм заняты созданием здоровой световой среды, базирующейся на светодиодных ИС, изменяющих свой спектр (цветность, T_c) в течение суток: более теплые тона – утром и вечером, а более холодные – в середине дня, повторяя солнечный свет для данной широты и времени года [8].

Литература

1. О биологическом эквиваленте излучения светодиодных и традиционных источников света с цветовой температурой 1800–10000 К / А. В. Аладов [и др.] // Светотехника. – 2012. – № 2. – С. 7–10.
2. Анисимов, В. Н. Хронометр жизни / В. Н. Анисимов // Природа. – 2007. – № 7. – С. 3–10.
3. Бижак, Г. Спектры излучения светодиодов и спектр действия для подавления секреции мелатонина / Г. Бижак, М. Б. Кобов // Светотехника. – 2012. – № 3. – С. 11–16.
4. Preliminary evidence that both blue and red light can induce alertness at night / M. Figuero [et al.] // BMC Neuroscience. – 2009. – Vol. 10. – P. 10.
5. Анисимов, В. Н. Мелатонин роль в организме, применение в клинике / В. Н. Анисимов // РМЖ. – 2006. – Т. 14, № 4. – С. 269.
6. Анисимов, В. Н. Эпифиз, биоритмы и старение организма / В. Н. Анисимов // Успехи физиологических наук. – 2008. – Т. 39, № 4. – С. 52–60.

7. О современных мощных светодиодах и их светотехническом применении / А. В. Аладов [и др.] // Светотехника. – 2010. – № 3. – С. 8–16.
8. Цветодинамически управляемый операционный светильник с полноцветным светодиодом / А. В. Аладов [и др.] // Светотехника. – 2012. – № 2. – С. 13–18.
9. Исследование эффективности и безопасности для здоровья светодиодных источников света / М. В. Осико [и др.] // Современ. проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – С. 566.
10. Капцов, В. А. Нарушение меланопсинавого эффекта сужения зрачка – фактор риска заболевания глаз / В. А. Капцов, В. Н. Дейнего // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 1. – С. 132–148.

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ УСТАНОВОК КИПЯЩЕГО СЛОЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОАО «МОЗЫРЬСОЛЬ»

С. С. Змушко

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого, Республика Беларусь»*

Научный руководитель В. В. Бахмутская

Целью работы является анализ существующей устаревшей схемы сушки соли на ОАО «Мозырьсоль» с помощью барабанных сушильных установок и расчет экономического эффекта от перехода на предлагаемую современную сушилку кипящего слоя.

Существующая схема сушки соли была реализована при помощи барабанных сушилок, которые помимо эксплуатационного износа имеют ряд недостатков конструкции, приводящих к нерациональным потерям тепловой энергии и, как следствие, первичного топлива.

Затраты тепловой энергии на сушку соли в одной барабанной сушильной установке приведены в таблице.

Затраты тепловой энергии на сушку соли в одной барабанной сушильной установке

Затраты тепловой энергии	Тепловая мощность, Гкал/ч
Тепловой поток утилизации на жидкостном подогревателе	0,385
Теплота, отданная дымовыми газами ГПА	0,801
Теплота от сжигания природного газа	0,966

Из приведенного баланса видно, что в приходной составляющей большое значение имеет поток тепла от прямого сжигания природного газа в теплогенераторе. Данный теплогенератор имеет несовершенную конструкцию и, как следствие, низкий КПД, что обусловлено конструкцией топки и потерями с уходящими газами. Отказ от топки позволит перенести на котельный пар расходную часть тепловой мощности, которая в настоящее время определяется сжиганием природного газа в топке сушилки.

Для минимизации потерь с отработанным теплоагентом необходимо сократить расход теплоагента посредством увеличения коэффициента теплообмена и массоотдачи, т. е. при меньшем расходе теплоагента испарять больше влаги из исходного сырья.

Для сокращения потерь через ограждающие конструкции необходимо сократить площадь ограждающих конструкций сушильной установки.

Таким образом, для сокращения расхода теплоэнергии на сушку необходимо изменить схему приготовления сушильного агента, сократить расход самого су-

сушильного агента, снизить габаритные размеры сушильного агрегата. Современным энергоэффективным техническим решением является внедрение двух сушильных установок кипящего слоя, которые будут основными рабочими.

Прогнозная оценка теплопотребления предлагаемой к внедрению сушильной установки кипящего слоя. Нагрев сушильного агента (подаваемый на сушку воздух) в известных современных сушильных агрегатах кипящего слоя возможен как насыщенным паром с котельной предприятия, так и уходящими дымовыми газами когенерационных установок. Поскольку на предприятии ОАО «Мозырьсоль» находятся в эксплуатации газопоршневые агрегаты (ГПА), то целесообразно теплоэнергию их уходящих газов использовать для нагрева сушильного агента в новых установках кипящего слоя. Тогда тепловая мощность уходящих дымовых газов, выдаваемая одной ГПА, должна позволять выполнить нагрев всего объема сушильного агента в одной установке кипящего слоя.

Требуемое значение тепловой мощности для нагрева сушильного агента за счет дымовых газов ГПА составит 0,62 Гкал/ч.

Пар с котельной предприятия должен замещать расход теплоэнергии на нагрев непосредственно материала (продукт на входе в сушильную установку), тем самым сокращая энергозатраты на подогрев сушильного агента. Поскольку технологические регламенты на производство продукции определяют нагрев самого входящего продукта до температуры не выше 75°, то расход тепловой мощности на данную систему подогрева кипящего слоя составит 0,963 Гкал/ч.

Эксплуатируемые в настоящее время барабанные сушильные установки имеют площадь ограждающих конструкций около 176 м². Современные сушильные установки кипящего слоя, например, «ANDRITZ» производительностью по готовому продукту 30 т/ч, имеют площадь ограждающих конструкций около 69–70 м². Этот фактор пропорционально снижает значение теплопотерь в окружающую среду.

Таким образом, новая сушильная установка кипящего слоя для производства 30-ти т/ч готового продукта и с учетом КПД теплообменных аппаратов потребует суммарного расхода котельного пара около 1,07 Гкал/ч.

Прогнозная оценка экономии условного топлива за счет снижения теплопотребления при сушке соли. Внедрение на предприятии современной сушильной установки кипящего слоя позволит вывести из работы топку барабанной сушилки и перенести часть затрат на котельный пар (20,3 т у. т.).

Высвобождаемая тепловая мощность ГПА может быть перенесена в предварительный нагрев рассола, что позволит частично разгрузить паровые котлы. Тогда экономия топлива – в пределах до 714,88 т у. т.

Экономия условного топлива при переходе с эксплуатации одной барабанной сушильной установки на одну сушильную установку кипящего слоя в сопоставимых условиях производства объемов продукции – в пределах до 735,18 т у. т.

Прогнозная оценка экономии условного топлива за счет снижения электропотребления при сушке соли. Установленная электрическая мощность существующей схемы сушки соли с использованием сушильного барабана составляет 627 кВт. Установленная электрическая мощность схемы сушки соли с использованием сушильной установки кипящего слоя составит 280 кВт.

Экономия электроэнергии – в пределах до 710,5 тыс. кВт · ч. Экономия условного топлива – в пределах до 198,94 т у. т.

Суммарное значение экономии условного топлива. Внедрение в эксплуатацию современной сушильной установки кипящего слоя, 1 единицы с производительностью по готовому продукту – 30–35 т/ч и с соответствующим изменением схемы подачи и транспорта исходного продукта с одной линии выпарных установок позволит

получить экономию условного топлива в сопоставимых условиях производства в пределах до 934,12 т у. т.

Расчетная оценка капиталозатрат и срока окупаемости. Стоимость основного внедряемого оборудования – сушильная установка кипящего слоя, центрифуга, конвейеры, вентиляторы и др., принята по материалам предпроектной проработки аналогов современного энергоэффективного оборудования сушки соли (Институт «Белгипроагропищепром», г. Минск). Стоимость проектных, монтажных и пуско-наладочных работ оценивалась согласно Методическим рекомендациям Департамента по энергоэффективности Республики Беларусь [1] по составлению ТЭО для энергосберегающих мероприятий. Принятая расчетная стоимость оборудования и работ в текущих ценах составляет 2,865 млн бел. р. Срок окупаемости установки составит 7,11 лет.

Л и т е р а т у р а

1. Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий. – Минск : Ком. по энергоэффективности при Совете Министров Респ. Беларусь, 2017.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ УСТРОЙСТВА ОТСЛЕЖИВАНИЯ СОЛНЦА

А. Э. Зуев

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. А. Капанский

В данной работе показаны возможные способы увеличения мощности, вырабатываемой фотопанелями, с помощью системы «солнечный трекер». Определены ее достоинства и недостатки.

Наряду с производством электроэнергии посредством переработки невозобновляемых ресурсов земных недр существуют альтернативные источники энергии. Одним из них является солнечная энергия. Однако невозможно говорить о каком-то конкретном виде энергии или отрасли энергетики, не упомянув базовые принципы и их особенности.

В это же время электроэнергетика ставит перед собой следующие вопросы:

- Как выработать энергию?
- Как передать энергию?
- Как преобразовать энергию?

Рассмотрим физическую, технологическую и экономическую составляющие солнечной энергетики:

– физическая составляющая: энергия летящего фотона передается фотопанелью и преобразуется в электрическую энергию с помощью кристаллов кремния с $p-n$ -переходом;

– технологическая составляющая: до земли доходит примерно 1 кВт/м² энергии, но фотопанели способны принять лишь некую часть, ограниченную КПД, углом поворота относительно солнца, размерами панелей;

– экономическая составляющая: высокая стоимость и срок окупаемости внедрения солнечных панелей сочетается с возможностью производства экологически чистого вида энергии.

Рассмотрим подробнее вопрос эффективности солнечных панелей. Для ее увеличения необходимо:

1. Увеличение номинального КПД за счет применения более технологичных материалов.
2. Уменьшение угла поворота к солнцу или концентрация света на панелях.

В настоящее время используют оба этих способа. Зависимость вырабатываемой мощности солнечных электростанций от номинального КПД солнечных панелей очевидна. В то же время достаточное влияние на вырабатываемую мощность оказывает и угол отклонения солнечных лучей от нормали солнечных панелей (рис. 1, а). Кроме того, существует несколько путей достижения оптимального угла [1].

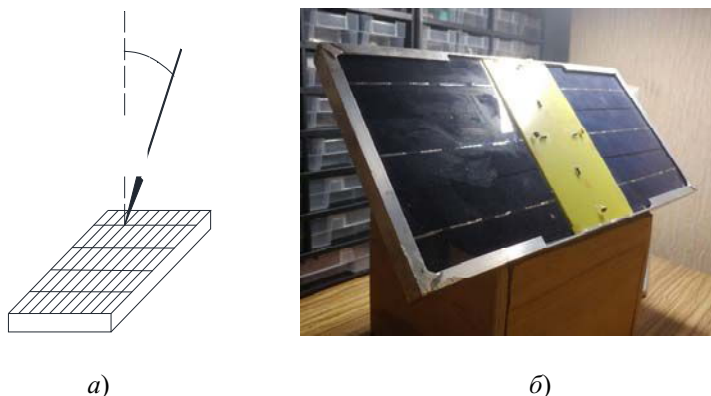


Рис. 1. Схематичное определение угла отклонения солнечных лучей от нормали солнечных панелей (а); опытная установка (б)

В Республике Беларусь распространение получил метод азимутного отклонения. Этот метод подразумевает установку солнечных панелей под определенным углом (на крышах зданий или поддерживающих конструкциях) и зависящим от широты и сезона [1]. Данный способ повышает эффективность выработки энергии и не требует постоянного обслуживания и дополнительных затрат энергии для функционирования установки. Однако он не способен постоянно обеспечивать оптимальный угол падения солнечных лучей на батареи.

Метод солнечного трекера позволяет изменить угол падения солнечных лучей на установку за счет ее поворота вокруг одной или нескольких осей вращения. Трекер (от англ. track) означает «устройство слежения». Данный способ крайне интересен тем, что он позволяет обеспечить практически прямой угол падения солнечных лучей на установку. Однако в числе его недостатков – необходимость питать движущие устройства (сервоприводы, двигатели). Преимущество этого метода – увеличение эффективности солнечных панелей по сравнению с предыдущим далеко неоднозначно. Именно поэтому для проводимого исследования был выбран именно он.

Для исследования недостатков применения на практике метода солнечного трекера был собран опытный стенд (рис. 1, б) и произведены испытания. К качеству системы управления был использован микроконтроллер ArduinoUno. В качестве датчиков света было использовано четыре фоторезистора с теневым сопротивлением 500 кОМ, расположенных по краям макетной платы, и четыре резистора номинальным сопротивлением 220 Ом, соединенных по схеме делителя напряжения с источником постоянного напряжения 5 В. Функции движущих частей установки выполняют сервоприводы TowerProMG945. Движимая часть представлена каркасом из

алюминия и помещенными на него фотопанелями, макетной платой. Программное обеспечение стенда было составлено на языке C++ с помощью ArduinoIDE.

Работа опытной установки осуществляется за счет изменения сопротивления фоторезисторов, а вследствие этого и падения напряжения на них. Сигналы от фоторезисторов поступают на входы микроконтроллера, оцифровываются и сравниваются попарно. Затем на основе полученных данных микроконтроллер принимает решение об изменении угла поворота по осям. Если разница в сигналах недостаточна, то поворота не происходит, если же разница существенна, то происходит поворот движимой части.

В процессе испытаний установки были замечены следующие проблемы:

1. Низкая износостойкость и недолговечность основных узлов стенда, что приводило к разрыву и нарушению контактов в схеме.

2. Износ паяных соединений за счет постоянного кручения проводов.

Из описанного выше можно сделать вывод, что для правильной и долговечной работы такой системы необходимы:

1. Качественные и надежные паяные соединения.

2. Изоляция, предотвращающая износ проводов.

3. Подходящий защищенный от перебоев источник питания для двигателей или сервоприводов.

4. Своевременное обслуживание.

Также желательно:

– использовать датчики повышенной чувствительности;

– использовать микроконтроллеры более высокой точности;

– независимый источник питания для движущих частей конструкции.

Таким образом, можно оценить преимущества и недостатки этого метода по сравнению с методом азимутного отклонения.

Недостатки метода:

– повышение стоимости установки;

– необходимость обслуживания;

– потребление энергии на собственные нужды.

Преимущества метода:

– повышение эффективности фото панелей;

– простота в установке.

В настоящее время метод солнечного трекера используется достаточно редко. Это обусловлено дополнительными затратами как на этапе установки, так и на этапе обслуживания, понижением надежности контактов и проводников. Однако стоит учитывать, что на сегодняшний день активно разрабатываются материалы для узконаправленных целей, и на данный момент кроме кремниевых существуют более эффективные и более дорогие пленочные фотопанели. Установка вышеуказанных панелей может сделать этот метод вполне актуальным, уменьшив долю затрат на двигатели и микроконтроллер в основной стоимости установки. Также стоит учитывать, что на эффективность солнечных панелей влияет и количество солнечных дней в году: чем их больше, тем метод солнечного трекера эффективней.

Литература

1. Радиционные и возобновляемые источники энергии : метод. указания // Белорус. нац. техн. ун-т ; сост.: Ю. К. Кривошеев, Н. Г. Хутская. – Минск : БНТУ, 2011. – 37 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ЗАВЕС НА ВОРОТАХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ С ИХ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ АВТОМАТИЗАЦИЕЙ

В. А. Клещев

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель В. В. Бахмутская

В зимнее время года в производственных помещениях возникает проблема попадания влажных и холодных воздушных масс, а особенно это касается территории у входов и дверных проемов. В настоящее время для заезда транспорта в промышленные помещения используются ворота без автоматического закрытия. При открывании ворот в зимнее время холодный воздух поступает в помещение и значительно понижает температуру.

Для защиты рабочего персонала и поддержания нормальной температуры в производственных помещениях предлагается установить скоростные гибкие ворота CAMPISA AVANTGARDE и тепловую завесу для отсекаания холодного воздуха. Данная модель ворот признана идеальной для наружной установки. Использование сэндвич-панелей спиральной (бесконтактной) технологии наматывания полотна гарантирует высокую скорость работы ворот и отличную теплоизоляцию.

Технические характеристики данной модели ворот:

1. Высокая герметичность по всему периметру ворот, высокая ветровая нагрузка.
2. Функция самовосстановления.
3. Лучшее решения для объектов с высоким трафиком.
4. Скорость открытия/закрытия до 2,5 м/с.
5. Металлоконструкция из оцинкованной или нержавеющей стали.
6. Дистанционное управление, которое включает в себя управление воротами с использованием радиоприемника, установленного рядом с воротами. Доступ к управлению ограничен теми лицами, у которых есть такой передатчик.
7. Управление с помощью радара (ворота открываются, когда люди или транспортные средства приближаются к лучам радара).

Основные параметры предлагаемых ворот:

1. Питание: напряжение – 230 В.
2. Полотно: сэндвич-панель – 40 мм.
3. Максимальная ширина: 5 м.
4. Максимальная высота: 5 м.
5. Скорость открытия: 2,5 м/с.
6. Скорость закрытия: 0,8 м/с.
7. Ресурс – 3 000 000 циклов.
8. Блок управления – 1,5 кВт.

Потери тепла с воздухом, поступающим в помещение через открытые проемы (окна, двери, ворота и др.), определяются по формуле

$$\Delta Q_{\text{пр}} = 0,86 \cdot v \cdot F \cdot \rho (t_{\text{вн}} - t_{\text{н.ср.от}}) T \cdot C_{\text{в}} \cdot 10^{-9},$$

где v – скорость движения воздуха, врывающегося в открытые ворота или проемы, принимается 0,3 м/с; F – площадь ворот или проема, м²; ρ – плотность воздуха при расчетной температуре, м³/кг; $C_{\text{в}}$ – теплоемкость воздуха, ккал/кг °С.

Исходные данные и определение экономии тепла от установки скоростных гибких ворот приведены в табл. 1.

Таблица 1

Определение экономии тепла от установки автоматических ворот

Наименование	Единицы измерения	Ворота	
		существующие	после замены
Площадь ворот	м ²	22,5	22,5
Плотность воздуха	м ² /кг	0,756	0,576
Число часов работы в году	ч	752	225
Годовые тепловые потери	Гкал	43,33	3,6
Экономия от установки ворот с автоматическим закрыванием	Гкал		39,7
Экономия топлива	т у. т.		6,8
Количество ворот	шт		3,0
Всего	т у. т.		20,4
	р.		8648,5
Затраты на установку ворот с учетом СМР	р./ед		912
	р.		2736
Затраты электроэнергии	кВт · ч		67,5
	т у. т.		0,01755
	р.		7,5
Срок окупаемости	лет		0,3

Воспользовавшись вышеприведенной формулой, произведем расчет потерь тепла через ворота размером 5 × 4. Плотность воздуха при расчетной температуре приведена в табл. 2.

Таблица 2

Плотность воздуха при расчетной температуре

$t_n, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{м}^2/\text{кг}$	$t_n, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{м}^2/\text{кг}$
-20	0,718	-4	0,762
-18	0,722	-2	0,761
-16	0,727	0	0,773
-14	0,734	2	0,779
-12	0,739	4	0,784
-10	0,745	6	0,79
-8	0,751	8	0,796
-6	0,756	10	0,801

Потери тепла составят 18,2 Гкал или 3,1 т у. т. Для уменьшения потерь тепла и защиты помещения от потоков холода устанавливается воздушная тепловая завеса на территории погрузки-выгрузки товара. Устройство работает по принципу тепловой пушки: поток воздуха под высоким давлением подается на площадь проема ворот. На некоторых устройствах воздух подается с улицы, на других – подогревается. Угол, под которым подается воздух, колеблется в диапазоне около 35–40°. Удобство устройства в том, что оно не мешает проезду погрузчиков и передвижению персонала. Чтобы удобнее управлять тепловыми завесами, на них монтируется специальная автоматика.

Такое оборудование решает несколько задач:

- запуск и остановка вентиляторов во время открывания и закрывания ворот;
- постоянное изменение температурных показателей воздушных потоков с учетом изменений температурного режима на улице в помещении;
- пуск и остановка работы завесы при изменении температуры на улице.

Применение систем автоматического контроля тепловых завес помогает экономить на потреблении электроэнергии и получить экономически выгодную инженерную систему.

Предлагается установить промышленные тепловые электрические завесы BALLU ВНС-М15 Т09, которые относятся к числу высокоэффективного теплового оборудования, предназначенного не только для защиты входных зон и дверных проемов от посторонних воздушных масс, но и для разделения помещения на зоны с разными температурными режимами.

Тепловая завеса BALLU ВНС-М15 Т09 может монтироваться не только над дверным проемом, но и сбоку от него, создавая во время работы мощный поток воздуха, который предотвращает попадание в помещение уличного воздуха, насекомых, посторонних запахов, пыли.

Монтаж завесы позволяет многократно понизить тепловые потери в помещении, тем самым создавая экономию на его отопление. Кроме этого, такая завеса выравнивает температурный баланс в помещении, обогревая сначала его самую холодную часть, рядом со входом. Мощность завесы и универсальность ее установки позволяет обогревать помещения средней и большой площади.

Технические характеристики тепловой завесы BALLU ВНС-М15 Т09:

- тепловая мощность кВт – 9/6/0;
- вид установки - универсальный;
- вес – 31 кг;
- мощность двигателя – 160 Вт;
- расход воздуха – 2300 м³/ч;
- гарантия – 2 года;
- высота установки – 3 м;
- нагревательный элемент – СТИЧ;
- производитель – Россия.

Основные преимущества тепловой завесы BALLU ВНС-М15 Т09:

- установлен сверхмощный мотор;
- в комплекте идет пульт дистанционного управления;
- безопасный нагревательный элемент с системой защиты;
- прочный корпус, устойчив к деформации и коррозии;
- на корпусе установлены кнопки управления;
- устанавливается на высоте до 3 м;
- современный дизайн;
- низкая цена.

Затраты на установку одной тепловой завесы с СМР составляют 446,5 р. На ворота устанавливаем две завесы.

С учетом монтажных работ общие затраты составят: $446,5 \cdot 3 \cdot 2 = 2679$ р.

Затраты на работу электродвигателя: $W = 0,16 \cdot 0,6 \cdot 2 \cdot 188 = 36$ кВт · ч, или 4 р.

Срок окупаемости: $C = 2679 / 3969 = 0,7$ года.

Таким образом, применение систем автоматического контроля тепловых завес помогает сэкономить на потреблении электроэнергии и получить экономически выгодную инженерную систему.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

А. А. Коновалова, А. Ю. Чечет

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Т. С. Юфанова

Энергосбережение – это приемы и методы эффективного и разумного использования топливно-энергетических ресурсов планеты, т. е. задача энергосбережения – сохранять ресурсы, как имеющие прямое отношение к производству энергии, так и косвенно касающиеся данного вопроса.

Около 40 % всей энергии, потребляемой в мире, используется в зданиях. Они являются основными потребителями энергии и главными источниками выбросов парниковых газов. Расходуется на отопление и кондиционирование 2/3 этой энергии, а современные технологии позволяют значительно сократить этот показатель.

Современные тенденции и перспективы строительства и реконструкции зданий, в первую очередь, касаются рационального подхода к использованию энергетических ресурсов, комфортного микроклимата в помещениях и уменьшения влияния на окружающую среду.

Рассмотрим виды энергоэффективных строительных материалов:

1. *Блоки из золы.* Зола представляет собой вяжущее сырье. В процессе самодесульфатации при поглощении воды она приобретает достаточную прочность. Благодаря этому свойству, ее начали использовать в качестве включения в основном составе керамического кирпича. Технология изготовления включает в себя вибропрессование и паровую низкотемпературную обработку.

Кирпичи из золы имеют хорошее сцепление с цементным раствором. Блоки легко режутся, что значительно облегчает процесс укладки.

Свойства материала позволяют производить блоки с четкими допусками по размерам, которые не превышают 0,5 мм. Этот фактор позволяет существенно экономить на растворе, при этом кладка получается идеально ровной.

По сравнению с обычным глиняным вариантом кирпич из золы обладает рядом преимуществ:

1. Улучшенная прочность, которая достигается за счет использования в качестве сырья зольного компонента.

2. Теплопроводность блока превышает сравниваемый аналог в десятки раз.

3. Пористость поверхности значительно улучшает морозостойкость.

4. Качество изделия позволяет использовать его в облицовочных работах, исключая дополнительную поверхностную отделку.

5. Цветовая гамма представлена в достаточно широком диапазоне, удовлетворяя любые запросы потребителя.

6. Продукт отлично ведет себя в суровых температурных условиях и не подвержен образованию грибка и плесени.

II. *Арболит*. Теплопроводность арболита составляет 0,07–0,17 Вт/(м · К).

Важнейшей характеристикой арболита, как и любого строительного материала, является предел прочности на сжатие. Предел прочности на сжатие арболита варьируется от М5–М10 – для теплоизоляционного до М25–М50 и даже до М100 – для конструкционного.

Арболит обладает повышенной прочностью на изгиб, очень хорошо поглощает звуковые волны. Арболит не поддерживает горение, удобен для обработки. Конструкционные виды обладают высоким показателем прочности на изгиб, могут восстанавливать свою форму после временного превышения предельных нагрузок.

К недостаткам арболита можно отнести пониженную влагостойкость. Наружная поверхность конструкций из арболита, соприкасающихся с атмосферной влагой, должна иметь защитный отделочный слой. Влажность воздуха в помещениях со стенами из арболита желательно поддерживать не выше 75 %.

Средняя плотность, кг/м³ – 500–850.

Прочность при сжатии, МПа – 0,5–3,5.

Теплопроводность, Вт/(м · С) – 0,08–0,17.

Типичными для конструкционных блоков являются значения плотности из интервала от 550 до 700 кг/м³. Но можно купить изделия и с плотностью до 850 кг/м³. Слишком высокие величины указывают на хорошую несущую способность элементов, но уступают более легким в теплоизоляционных качествах. Плотность материала замеряется при установившейся массе, когда блок прекращает терять влагу.

Стены из литого арболита могут иметь плотность около 300 кг/м³, но по несущей способности не уступают сложенным из камней с плотностью 550 кг/м³.

Достоинства: экологичность материала, высочайшая паропроницаемость, легкость материала, легкость обработки, простой монтаж крепа, низкая теплопроводность, низкая звукопроницаемость, отказ от армирования, биологическая стойкость, негорючесть.

Недостатки: недостаточная точность геометрии, необходимость защиты от прямого воздействия влаги, высокая стоимость арболитовых блоков, наличие ограничений в выборе отделочных материалов.

Ниже приведены результаты расчета тепловых потерь через наружные ограждения дома (толщиной 40 см), выполненных из различных строительных материалов, а также затраты на отопления дома. Здание находится в г. Гомеле; температура воздуха внутри помещения принята $t_{вп} = 22$ °С; расчетная температура наружного воздуха $t_{нo} = -24$ °С; источник тепла – природный газ. В расчетах учтены тепловые потери только через наружные стены здания, которые составляют около 30 % от общих тепловых потерь. Результаты расчета представлены в таблице.

Параметр	Блоки из золы	Арболит	Пеноблоки
Площадь дома $F = 70$ м ²			
Теплопроводность, Вт/мК	0,26	0,1	0,4
Термическое сопротивление, м ² С/Вт	1,54	4	1
Тепловые потери, Q , Вт	2090,9	605,5	3220
Расход газа в секунду, м ³ /с	0,000067	0,000019	0,001
Расход газа за месяц, V , м ³	173,79	50,44	289,75

Окончание

Параметр	Блоки из золы	Арболит	Пеноблоки
Стоимость газа за месяц, S , р.	17,6	5,12	29,41
Стоимость газа за отопительный период, р.	105,6	30,72	176,46
Площадь дома $F = 100 \text{ м}^2$			
Тепловые потери, Q , Вт	2978	805	4600
Расход газа в секунду, $\text{м}^3/\text{с}$	0,000096	0,000026	0,00015
Расход газа за месяц, V , м^3	249,16	67,39	388,77
Стоимость газа за месяц, S , р.	25,29	6,9	39,46
Стоимость газа за отопительный период, р.	151,74	41,4	236,76
Площадь дома $F = 130 \text{ м}^2$			
Тепловые потери, Q , Вт	3883,1	1495	5980
Расход газа в секунду, $\text{м}^3/\text{с}$	0,00012	0,000048	0,00019
Расход газа за месяц, V , м^3	309,56	122,36	492,51
Стоимость газа за месяц, S , р.	31,42	12,42	49,99
Стоимость газа за отопительный период, р.	188,52	74,52	299,94

Графики зависимостей: $Q = f(F)$; $V = f(F)$; $S = f(F)$ приведены на рис. 1.

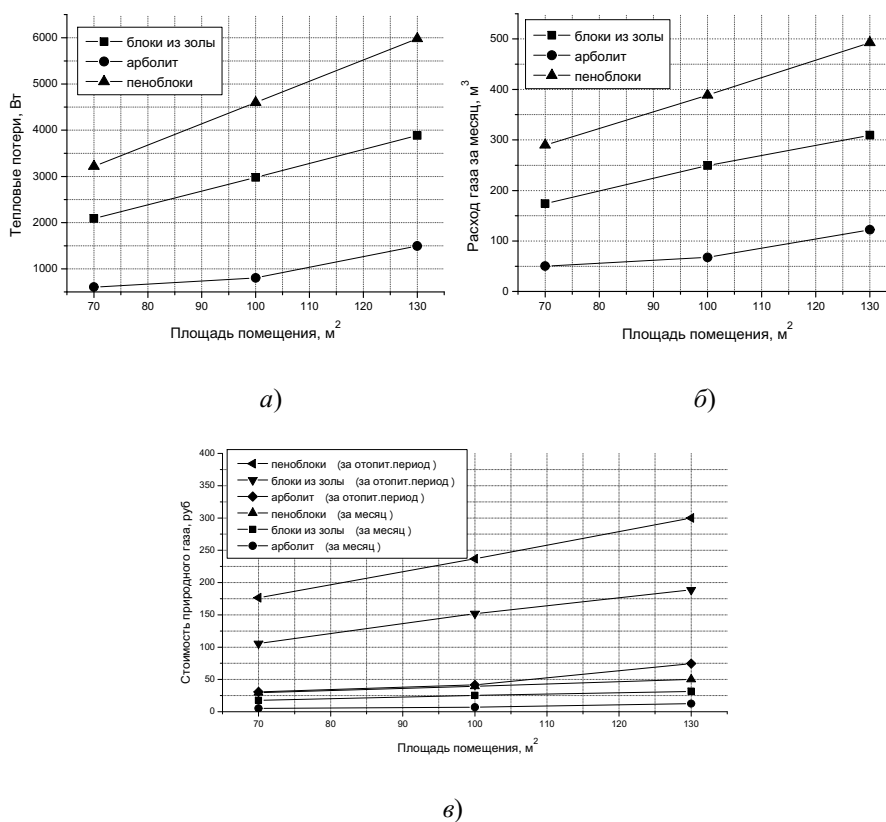


Рис. 1. Графики зависимостей:
 а – $Q = f(F)$; б – $V = f(F)$; в – $S = f(F)$

Можно сделать вывод, что каждый строительный материал имеет свои недостатки и свои достоинства, но с точки зрения экономии на топливе (природный газ) самым выгодным материалом является арболит.

Использование современных энергоэффективных конструкций и материалов позволяет создавать здания не только с низким потреблением энергии, но и с различными показателями ценового диапазона, комфортабельности и экологичности, что безусловно является актуальным в рамках современной строительной индустрии.

АНАЛИЗ ОПАСНОСТИ В ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА MULTISIM

В. А. Корнилаев

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Ю. А. Рудченко

Введение. MultiSim – средство разработки и моделирования электронных схем, позволяющее пользователям подключать к схеме виртуальные приборы. Концепция виртуальных инструментов – это простой и быстрый способ увидеть результат с помощью имитации реальных событий.

Моделирование и анализ в Multisim. На рис. 1 приведено главное окно программы Multisim. Интерфейс Multisim состоит из таких базовых элементов, как стандартная инструментальная панель (кнопки для наиболее часто применимых функций); меню (команды для всех функций); инструментальная панель компонентов (выбор компонентов из базы данных программы Multisim для размещения их в схеме); панель разработки (панель для отображения разработанных схем); панель вида (кнопки для увеличения, уменьшения масштаба); панель симуляции (кнопки старта, паузы, остановки и других функций симуляции); основная модель, список используемого, закладка активной схемы (закладка, где расположена текущая схема); панель инструментов (кнопки для каждого инструмента); окно схемы (текущее окно, где разрабатывается схема); вид ячеек (для быстрого обзора и редактирования таких деталей, как параметры, включая ссылки, атрибуты и пр.); прокрутка вниз/вверх.

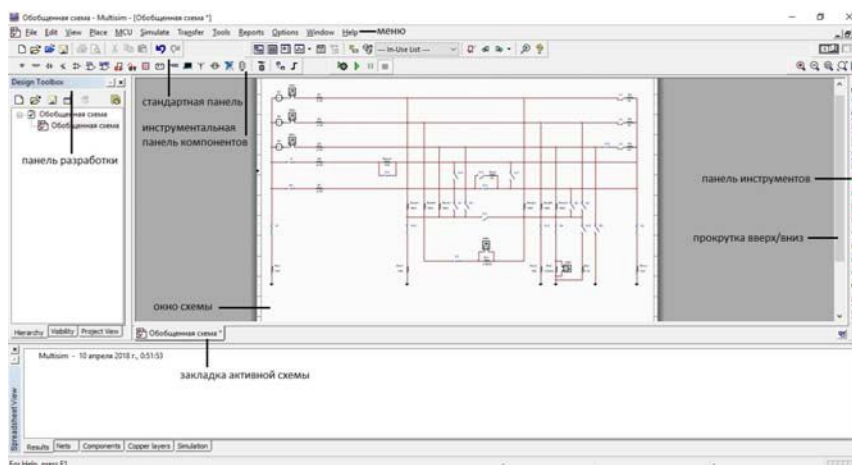


Рис. 1. Интерфейс программой Multisim

В программе Multisim была составлена обобщенная схема трехфазной электрической сети, позволяющая моделировать различные типы систем заземления электрической сети (TN, IT, TT), а также различные аварийные режимы работы сети (замыкание фазы на корпус оборудования, замыкание фазы на землю, обрыв нулевого рабочего и нулевого защитного проводников и т. д.), в том числе учитываемые при выборе и обосновании мер защиты от поражения электрическим током при наличии неисправности в соответствии с ГОСТ Р 61140–2000 [1]. Моделирование условий поражения электрическим током выполняется путем коммутации соответствующих ключей (рис. 1), а также путем задания значений соответствующих сопротивлений (фазных, нулевых рабочей и защитной жил; изоляции фазных и нулевых проводников относительно корпусов электроприемников; фаз нагрузки; рабочего заземления нейтрали источника питания; повторного заземления нулевого провода; защитного заземления электроприемников в системе IT и TT; тела человека и т. д.). Анализ условий электробезопасности проводится по результатам расчета значений соответствующих напряжений прикосновения.

Рассмотрим процесс моделирования и анализа опасности электрических сетей с помощью программы Multisim на примере сети TN-C с замыканием на землю в соответствии с ГОСТ Р 61140–2000 (рис. 2).

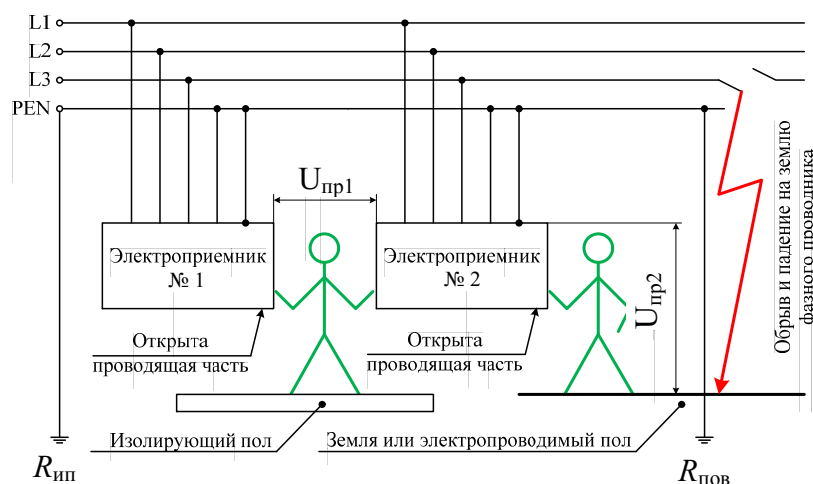


Рис. 2. Сеть TN-C с замыканием на землю, например с оборванным и упавшим на землю фазным проводом

Проведя соответствующие коммутации ключей в обобщенной трехфазной сети, (рис. 1) составили схему сети (рис. 2), анализ который требовалось провести. Кроме этого, были заданы: сопротивление человека – 0,85 кОм в соответствии с ГОСТ 12.1.038–82 [2]; напряжение трехфазного источника питания – 400 В; сопротивление изоляции – 1 МОм в соответствии с ТКП 339–2011 п. 4.4.29.2 [3]; сопротивление заземляющего устройства – 4 Ом в соответствии с ТКП 339–2011 (п. 4.3.8.2).

После составления схемы электрической сети пользователь нажимает переключатель «Расчет» и программа Multisim выдает значения напряжения прикосновения на экранах соответствующих виртуальных цифровых вольтметров (рис. 3).

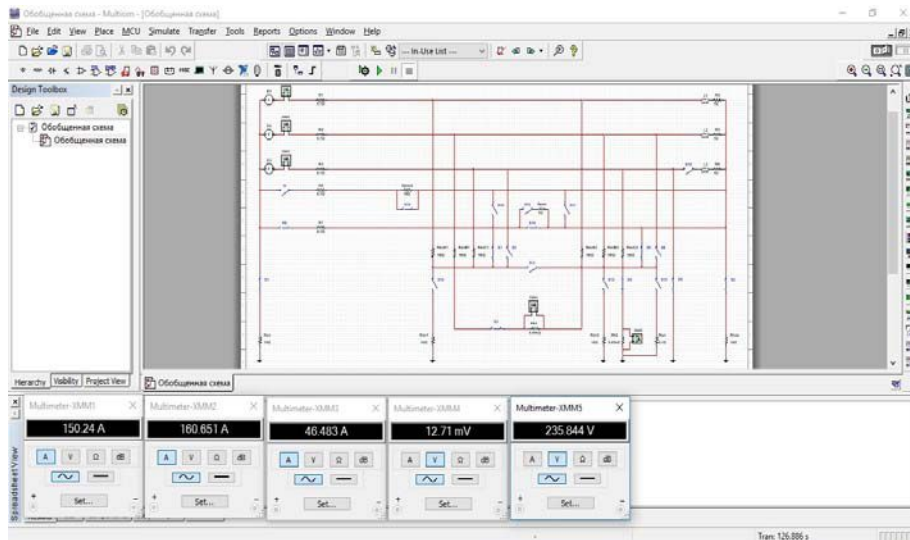


Рис. 3. Моделирование и расчет напряжений прикосновения в Multisim

Для сети TN-C с замыканием на землю, показанной на рис. 2, напряжение прикосновения, под которым окажется человек, стоящий на изолированном полу и одновременно прикоснувшийся к корпусам электроприемников № 1 и № 2, будет равно нулю. Напряжение прикосновения $U_{пр2}$, под которым окажется человек, стоящий на токопроводящем полу и прикоснувшийся к корпусу электроприемника № 2, будет равно 235,844 В. Ток в фазных жилах при этом не превышает 160 А. Таким образом, данный режим работы электрической сети является опасным для человека, стоящего на токопроводящем полу, прикоснувшегося к корпусу электроприемника. Напряжение прикосновения для второго человека может длительное время достигать значений, при которых возможно смертельное поражение электрическим током.

Заключение. В данной работе были продемонстрированы возможности программы Multisim по анализу опасности поражения электрическим током в электрических сетях. Данную программу можно применять в обучении студентов технических специальностей вузов, а также слушателей по дисциплине «Охрана труда». При проектировании электроустановок по обеспечению требуемого уровня электробезопасности данная программа является прекрасным инструментом для проведения соответствующих расчетов.

Литература

1. ГОСТ Р 61140–2000. Защита от поражения электрическим током. Общие положения по безопасности, обеспечиваемой электрооборудованием и электроустановками в их взаимосвязи.
2. ГОСТ 12.1.038–82. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
3. ТКП 339–2011. Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемо-сдаточных испытаний.

ИНДУКЦИОННЫЙ КОТЕЛ ДЛЯ НАГРЕВА ВОДЫ

В. Н. Котов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. О. Добродей

Объектом исследования является индукционный котел. Индукционный котел – это электронагревательное устройство, предназначенное для нагрева теплоносителя в системах теплоснабжения. Индукционный котел используется в автономных отопительных системах и системах горячего водоснабжения. Его конкуренты – это ТЭНовые котлы, которые регулярно совершенствуются, однако все равно неидеальны по критерию надежности. Поэтому инженеры работают над созданием систем электронагрева нового поколения, одним из которых является индукционный способ.

Актуальность создания серийного производства экономичной системы обогрева и получения горячей воды возрастает в связи с износом центральной системы теплоснабжения, а также в связи с увеличением строительства новых микрорайонов, удаленных от теплоэлектростанций. Пока на этом рынке, несмотря на наличие в продаже многочисленных обогревателей, так и нет по-настоящему экономичной и относительно дешевой системы теплоснабжения помещений.

Исторически так сложилось, что индукционные нагреватели получили наиболее широкое распространение в машиностроении и металлургии. В этих сферах индукционный нагрев используется для закалки металлов, плавления, сварки и т. д. Однако в данном случае применяются индукторы, работающие на высоких и сверхвысоких частотах электрического тока (от 1000 Гц до 1000 кГц), соответственно, для их работы требуются специальные устройства – преобразователи тока.

В задачах, связанных с отоплением, такие частоты не нужны, поскольку нет необходимости разогревать металл до сотен градусов по Цельсию. Температура теплоносителя в системе отопления редко когда превышает 90 °С. Поэтому для применения в качестве отопительных приборов используются индукционные водонагреватели, работающие на промышленной частоте тока, которая составляет 50 Гц. Такая разновидность индукционных нагревателей и называется индукционными котлами.

Индукционный котел (нагреватель) (рис. 1) состоит из первичной обмотки, которая представляет собой катушку индуктивности, надетую на ферромагнитный сердечник, и вторичной обмотки, которая и является нагреваемым теплообменником.

После подключения индукционного котла к электросети с промышленной частотой 50 Гц в первичном контуре вследствие движения тока по проводам катушки возникает электромагнитное поле. Теплообменник, который находится под воздействием этого магнитного поля, разогревается. Его нагрев происходит за счет того, что электромагнитное поле возбуждает в металле вихревые токи, называемые также токами Фуко или просто индукционными токами.

Такой способ нагрева можно назвать косвенным, так как в отличие от ТЭНов или электродов в таком нагревателе нет непосредственного контакта токопроводящих частей и нагреваемой среды. Это причина того, что индукционный котел является самым безопасным среди всех типов электронагревателей по степени защиты от поражения электрическим током.

Индукционные технологии позволяют получить следующие технические характеристики, многие из которых являются уникальными:

- образование накипи практически сведено к нулю;
- котлы являются одними из наиболее экономичных;

- в процессе эксплуатации стабильно сохраняется КПД (на уровне 99 %);
- частота тока, используемая в работе котлов данного типа, имеет высокий коэффициент мощности, что является одним из основных преимуществ (это позволяет снизить эксплуатационные затраты примерно на 30 %);
- такие электрические нагреватели имеют высокую степень пожарной и электрической безопасности;
- полностью отсутствуют высоконагруженные детали, устройства, движущиеся элементы;
- используемые для обогрева зданий котлы данного типа имеют продолжительный срок службы (более 30 лет);
- они могут быть беспрепятственно соединены с другими системами отопления;
- работают индукционные нагреватели практически бесшумно;
- для установки котла данного типа не требуется специальное помещение;
- не имеют деталей и устройств, подверженных технологическому износу;
- индукционный нагрев допускает использование в качестве теплоносителей самых разных жидкостей – антифриз, масло, вода, причем эти жидкости перед применением не требуют предварительной подготовки;
- в периоды межсезонья и в течение отопительного сезона индукционные котлы не требуют проведения специальных профилактических работ;
- являются полностью автономными;
- для установки и обслуживания котлов такого типа не требуются специалисты высокой квалификации;
- котлы, в которых применяется индукционный нагрев, могут быть с высокой эффективностью использованы в различных отраслях производства.

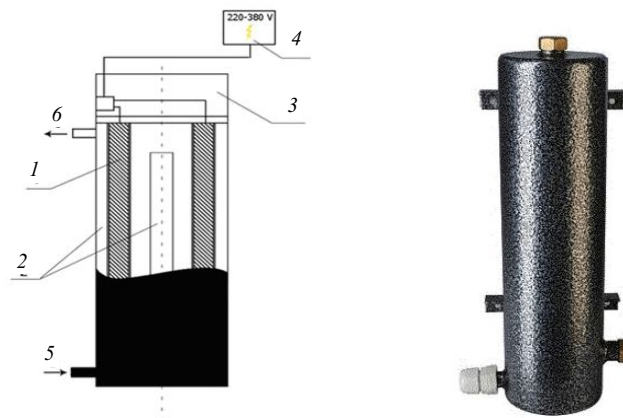


Рис. 1. Изображения индукционного котла:
 1 – катушка; 2 – теплообменник; 3 – клеммная коробка;
 4 – шкаф управления; 5 – входной патрубок; 6 – выходной патрубок

Такие котлы для отопления дома на сегодняшний день бывают двух видов: SAV и ВИН. Каждый из них имеет свои особенности.

SAV. На индуктор в таких агрегатах поступает электричество с частотой в 50 Гц. Вторичной обмоткой выступает замкнутая труба, внутри которой находится теплоноситель. Последняя также является теплообменником, в котором и осуществляется обогрев жидкости для системы отопления. Процесс индукции позволяет быстро повысить температуру лабиринта труб, что значительно увеличивает производительность агрегата. Такие устройства подключают к сетям 220 и 380 В – все зависит от мощности.

Котел такого вида в 2,5 кВт способен выделять энергии на 2100 ккал/ч, что дает возможность комфортно отапливать помещение площадью до 30 м².

ВИН. Электрокотлы ВИН или вихревые индукционные отличаются от предшественников тем, что поступающий на первичную обмотку ток сначала проходит преобразователь. Этот процесс позволяет сделать его высокочастотным. За счет такого механизма удастся добиться повышения общего напряжения электромагнитного поля, а это, в свою очередь, позволяет усилить возникающие вихревые токи.

Корпус и внутренняя часть агрегата создаются специально из ферромагнитного сплава. В результате определенных процессов возникает сильный нагрев. В связи с этим теплообменником в котле выступает не только конструкция из труб, но и отдельные компоненты корпуса.

Подобные агрегаты с мощностью в 3 кВт выделяют до 2500 ккал/ч. Это позволяет отапливать помещения, площадь которых доходит до 40 м². Чаще всего такие установки продаются в комплекте с автоматикой, кранами и насосом.

Как видно, котлы, работа которых основана на таком явлении, как электромагнитная индукция, обладают всеми преимуществами других электрических установок. Кроме того, они также имеют и дополнительные. Если правильно подключить и настроить систему, она сможет сэкономить до 30 % энергоносителя по сравнению с теми же ТЭНовыми.

ЗАЩИТА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ОТ ОДНОФАЗНЫХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ

А. С. Котов

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Ю. А. Рудченко

Целью исследования данной работы является повышение уровня электробезопасности в электрических сетях напряжением 380 В с глухозаземленной нейтралью типа TN-C при однофазных коротких замыканиях на нулевой проводник и связанные с ним металлические конструкции.

Аварийная статистика показывает, что воздушные линии с неизолированными проводами являются менее надежными элементами электрической сети – в 65 % случаев повреждения на линиях являются наиболее опасными для жизни. Однофазные короткие замыкания на нулевой рабочий провод и связанные с ним металлические конструкции являются наиболее частым видом повреждений ВЛ-0,38 кВ. Возникающие при этом токи являются причиной возникновения пожаров.

Токовые защиты получили значительное распространение в электрических сетях с глухозаземленной нейтралью типа TN-C для защиты от однофазных коротких замыканий, которые базируются на использовании плавких предохранителей и автоматических выключателей. Исследования показали, что зона действия защиты этими аппаратами передается только на начальную часть ВЛ-0,38 кВ и в остальных случаях не превышает 100–300 м в зависимости от мощности питающих трансформаторов, номинальных токов защитных аппаратов и сечения проводов. Результативность защиты можно повысить путем секционирования линии, т. е. деления ее на участки, в начале которых следует устанавливать рекомендованные защитные аппараты, что позволит увеличить чувствительность защит [3]. Тем не менее, сегодня отсутствуют методики расчета, выбора и расстановки автоматических выключателей

и плавких предохранителей по длине защищаемой линии, которые послужили бы гарантией ее защиты. Из описанного ранее следует, что проблема защиты от однофазных коротких замыканий на нулевой рабочий провод ВЛ-0,38 кВ с неизолированными проводами является актуальной.

В статье концепция построения представлена на примере защиты ВЛ-0,38 кВ длиной 500 м и сечением проводов 35 мм^2 , которая питается от трансформатора номинальной мощностью 160 кВА со схемой соединения обмоток Y/YH и защищается плавкими предохранителями с разными номинальными токами. Определение минимального тока однофазного короткого замыкания (ОКЗ) в электрической сети напряжением до 1 кВ – это начальный материал, на величину которого оказывает влияние достаточно большое количество факторов. В процессе эксплуатации возникают различного рода повреждения в электрических сетях напряжением 380 В с воздушными линиями с неизолированными проводами, которые обуславливают различные несимметричные режимы работы, из числа которых более часто встречаются: 1) однофазные короткие замыкания между фазным и нулевым проводами; 2) однофазные замыкания на землю; 3) обрывы фазного провода; 4) обрывы нулевого провода. Исследования процессов, проходящих при возникновении указанных несимметричных режимов, проводят с использованием математических, компьютерных, физических моделей. Но соответствие приобретенных на моделях результатов можно проверить путем исследований в реальной электрической сети. В то же время анализ данных, полученных в процессе исследований на компьютерной модели электрической сети, показывает, что воплощение отдельных аварийных режимов в действующей электрической сети может создать опасную ситуацию для электроприемников, а также людей и животных. Напряжение на поврежденной фазе может снижаться до нуля при искусственном создании однофазного короткого замыкания на воздушной линии, а напряжения здоровых фаз относительно нулевого провода имеют все шансы приблизиться к линейному значению. Например, в электрической сети с силовым трансформатором ТМГ-160/10/0,4 кВ экспериментальными исследованиями установлено, что при однофазном коротком замыкании в месте повреждения и далее по линии напряжение на поврежденной фазе снижается до 2,5–5 В, а на здоровых фазах возрастает до 310–324 В. Необходимо дополнить, что удаленные однофазные короткие замыкания могут абсолютно не отключаться защитными аппаратами либо отключаться в течение единиц и даже десятков секунд, следовательно, существует значительная возможность повреждения электрооборудования потребителей.

При обрыве нулевого провода напряжения фаз относительно земли зависят от степени несимметрии электрических фазных нагрузок. В крайнем случае, например, при отсутствии нагрузок на двух фазах и максимальной нагрузке на третьей фазе, напряжение на первых двух фазах может приближаться к линейному значению. Описанные два случая показывают, что проведение экспериментальных исследований в действующей электрической сети напряжением 380 В опасно для любых электроприемников, подключенных к этой сети. Из-за возникающих значительных повышений или понижений напряжения более чем на $\pm 5\text{--}10\%$ вероятно повреждение как бытовой, так и производственной техники. Помимо этого, амплитуда напряжения способна спровоцировать и возгорание жилых домов.

Ввиду того, что опытная электрическая сеть и подключенные к ней потребители электрической энергии не критичны к перенапряжениям, то в ней можно создавать самые различные несимметричные режимы работы воздушной линии в разных точках по ее длине, которые достаточно сложно или невозможно организовать в действующих электрических сетях, так как они опасны как для подключенных электроприем-

ников, так и для населения и животных, находящихся вблизи воздушных линий. Перечислим наиболее актуальные и характерные режимы работы электрической сети напряжением 380 В: 1) короткие замыкания одного, двух- или трехфазных проводов на нулевой провод; 2) двух- и трехфазные короткие замыкания; 3) одно-, двух- или трехфазные обрывы проводов, обрыв нулевого провода; 4) замыкания фазного или нулевого проводов на землю без их обрыва или с их обрывом; 5) сложные виды повреждений, например, обрыв нулевого провода с одновременным замыканием фазного провода на оборвавшийся нулевой провод со стороны потребителя; 6) нормальные и несимметричные режимы работы электрической сети с изменением в большом диапазоне фазных нагрузок потребителей электроэнергии; 7) изменения сопротивлений заземляющих устройств трансформаторной подстанции и потребителей, а также сопротивлений повторных заземлителей нулевого провода воздушной линии.

Для фиксации напряжений и токов подразумевается применение следующей измерительной техники: а) самопишущих цифровых осциллографов, позволяющих фиксировать непрерывные (аналоговые) изменения напряжений и токов, например АОС-5110; б) самопишущих цифровых комплектов, например «Ресурс-2UF2М», которые дают возможность производить запись измеряемых параметров с интервалами осреднения 0,02–3–60 с; фиксировать большое количество параметров, а именно: изменения напряжения, токов, активной, реактивной и полной мощностей, коэффициента мощности, симметричных составляющих напряжений и токов, а кроме того, наблюдаемые периоды времени; в) токовых клещей с диапазоном измерения токов от 4 мА до 100 А, позволяющих измерять как малые токи, протекающие по повторным заземлителям, так и токи, протекающие по фазным и нулевому проводам линии; г) различного вида мультиметров, например, MASTECH MY-60. При этом предполагается, что комплекты измерительных и фиксирующих приборов можно устанавливать как в месте «создания» повреждения, так и в начале воздушной линии – в РУ-0,4 кВ ТП.

В опытной электрической сети можно проводить исследования по следующим направлениям: 1. Изменения токов, протекающих по фазным и нулевому проводам, по заземляющим устройствам трансформаторной подстанции и потребителей, по повторным заземлителям нулевого провода воздушной линии: 1) в нормальном режиме работы электрической сети при изменении несимметрии фазных нагрузок потребителей и изменении сопротивлений вышеуказанных заземляющих устройств электрической сети (исследования позволят определить и сформировать условия отстройки средств защиты); 2) при возникновении различного рода коротких замыканий, в том числе и однофазных замыканий на землю (исследования позволят проверить степень достоверности критериев распознавания различных видов повреждений воздушной линии, установленных в процессе проработок на компьютерной модели, и определить требования к токовым защитам, в частности, построенным с использованием плавких предохранителей, автоматических выключателей). 2. Исследования различных вариантов дифференциальных токов воздушной линии, к примеру, приобретенных по средствам векторного суммирования трех фазных токов или суммирования трехфазных токов и тока в нулевом проводе. Исследования дают возможность отчетливо выразить требования к различного рода защитам воздушной линии при однофазных коротких замыканиях и однофазных замыканиях на землю. 3. Исследования изменений фазных напряжений, напряжения несимметрии, симметричных составляющих напряжений сети при обрывах фазных и нулевого проводов. Данные исследования позволят опробовать критерии распознавания рассматриваемых режимов работы электрической сети, выявленных при изучении на компьютерной модели, и выразить требования к защитам. 4. Испытания

и исследования работы серийных и опытных образцов различного рода устройств защиты электрической сети. 5. Исследования условий электробезопасности электрической сети при моделировании различных режимов ее работы.

Литература

1. Будзко, И. А. Электроснабжение сельского хозяйства / И. А. Будзко, Т. Б. Лещинская, В. И. Сукманов. – М. : Колос, 2000. – 536 с.
2. Веников, В. А. Теория подобия и моделирование (применительно к задачам электроэнергетики) / В. А. Веников. – М. : Высш. шк., 1976. – 479 с.
3. Исследование аварийных режимов в сельских электрических сетях напряжением 380 В / А. М. Ершов [и др.] // Техника в сел. хоз-ве. – 2013. – № 6. – С. 18–21.

ПРИМЕНЕНИЕ ДЛИННОИСКРОВЫХ РАЗРЯДНИКОВ ДЛЯ ГРОЗОЗАЩИТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ 6–35 КВ

Д. М. Купцов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Л. И. Евминов

При эксплуатации воздушных линий (ВЛ) на изоляцию воздействуют напряжения, значительно превышающие номинальные, – перенапряжения, которые подразделяются на два вида:

- внутренние, возникающие в результате аварийных и ненормальных режимов работы электроустановок;
- внешние (атмосферные), появляющиеся из-за грозových разрядов вблизи установок или прямых ударов молнии в провод или опору.

Внешние (атмосферные) перенапряжения являются одной из основных причин отключения воздушных линий распределительных сетей и подстанций, как в России, так и за рубежом. На их долю приходится от 14 до 26 % всех повреждений [1].

Грозовые перенапряжения на ВЛ, создающие импульсные перекрытия и разрушения изоляторов и приводящие к дуговым замыканиям, сопутствующим повреждениям оборудования, отключениям линий, являются одной из основных причин аварий и нарушений.

Аварийные отключения составляют до 40 % от общего их числа на ВЛ 6–35 кВ по причине грозových перенапряжений. Изоляция распределительных сетей из-за низкой импульсной прочности подвержена перекрытиям как от перенапряжений при прямых разрядах молнии, так и от индуктированных перенапряжений при разряде молнии вблизи линии. Основной причиной грозových отключений и повреждений оборудования сетей 6–10 кВ является индуктированное перенапряжение при разряде молнии вблизи линии. Данное перенапряжение составляет в некоторых случаях до 90 %, а при прохождении трассы ВЛ по лесному массиву – и до 100 % от их общего количества.

Из этого следует, что надежность электроснабжения потребителей во многом зависит от эффективности грозозащитных мероприятий [1].

Современное решение проблемы грозозащиты ВЛ 6–10 кВ – применение длинноискровых разрядников (РДИ). Являются РДИ российской разработкой, не имеющей мировых аналогов, которые по своим конструктивным параметрам, техническим характеристикам и функциональным возможностям представляют особый класс устройств грозозащиты.

Принцип действия разного вида РДИ заключается в ограничении грозовых перенапряжений на ВЛ за счет:

- искрового перекрытия по поверхности изоляционного тела разрядника с длиной канала разряда, в несколько раз превосходящей строительную высоту защищаемой изоляции;

- гашения сопровождающих токов промышленной частоты за счет обеспеченного таким образом снижения величины среднего градиента рабочего напряжения вдоль канала грозового перекрытия.

Основным достоинством класса РДИ является их неподверженность разрушениям и повреждениям грозовыми и дуговыми токами из-за того, что они протекают вне аппаратов по воздуху вдоль их поверхности.

Это уникальное для грозозащитных аппаратов качество наряду с конструктивной простотой предопределило возможность их успешного применения в качестве эффективного и надежного средства защиты воздушных линий и электрических сетей от грозовых перенапряжений и их последствий [2].

На всем протяжении ВЛ и на проводах к подстанциям установка разрядников позволяет исключить перекрытия изоляции на ВЛ и все негативные последствия, возникающие в результате индуктивных грозовых перенапряжений, а также при прямых ударах молнии.

Технология грозозащиты РДИ применима для ВЛ:

- с любыми видами опор (железобетонными, металлическими, деревянными);
- с различными типами изоляторов (штыревыми, натяжными, подвесными, фарфоровыми, стеклянными, полимерными);
- с защищенными и неизолированными проводами.

В соответствии с техническими требованиями по грозозащите участков электрических сетей возможно применение на них различных видов разрядников и их сочетаний.

На каждую одноцепную опору защищаемого участка ВЛ устанавливается по одному разряднику в зависимости от типа опор, траверс, изоляторов ВЛ и других определяющих обстоятельств с целью надежной защиты от индуктированных грозовых воздействий. Для этих целей применяются разрядники следующих трех видов: РДИП-10-1У-УХЛ1, РДИШ-10-1У-УХЛ1 и РДИМ-10-К-П-УХЛ1.

Петлевые разрядники РДИП-10-1У-УХЛ1 рекомендуется устанавливать на любые виды опор с чередованием фаз (рис. 1).

Шлейфовые разрядники РДИШ-10-1У-УХЛ1 могут быть использованы в местах двойного крепления провода вместо петлевых.

Модульные разрядники РДИМ-10-К-И-УХЛ1 применяются для защиты ВЛ только с компактным размещением проводов, расстояние между которыми не должно превышать 50 см и с изоляторами ШФ-20. Данный тип разрядника устанавливается только на среднюю фазу.

Разрядники на двухцепных ВЛ устанавливаются на обе цепи таким образом, чтобы на каждой из опор защищалась только одна пара одноименных фаз, с тем же принципом чередования, что и для одноцепных ВЛ.

По схеме установки разрядников с последовательным чередованием фаз токи промышленной частоты, сопровождающие многофазные замыкания, обусловленные грозовыми перенапряжениями, протекают по контурам, включающим в себя сопротивление заземления опор [2].



Рис. 1. Конструктивный эскиз петлевого разрядника на опоре ВЛ

Принцип работы разрядника основан на использовании эффекта скользящего разряда. Он обеспечивает большую длину импульсного перекрытия по поверхности разрядника и предотвращение за счет этого перехода импульсного перекрытия в силовую дугу тока промышленной частоты.

Искровой воздушный промежуток S между проводом ВЛ и металлической трубкой разрядника пробивается при возникновении на проводе ВЛ индуктированного грозового импульса. Следовательно, напряжение прикладывается к изоляции между металлической трубкой и металлическим стержнем петли, имеющим потенциал опоры.

Скользкий разряд активен под влиянием приложенного импульсного напряжения вдоль поверхности изоляции петли от металлической трубки к зажиму крепления разрядника (по одному или по обоим плечам петли). Исходя из этого, вольт-секундная характеристика разрядника расположена ниже, чем вольт-секундная характеристика изолятора в результате эффекта скользящего разряда. Таким образом, при воздействии грозового перенапряжения разрядник перекрывается, а изолятор нет. Разряд гаснет после прохождения импульсного тока молнии, не переходя в силовую дугу, что предотвращает возникновение короткого замыкания, повреждение провода и отключение ВЛ.

Основные технические характеристики разрядника РДИП-10-4 УХЛ1 приведены в таблице.

Технические характеристики РДИП-10-4 УХЛ1

Класс напряжения	10 кВ
Длина перекрытия по поверхности	780 мм
Внешний искровой промежуток	20–40 мм
Импульсное 50%-е разрядное напряжение, не более:	
– на положительной полярности	110 кВ
– на отрицательной полярности	90 кВ
Многokратное выдерживаемое внутренней изоляцией импульсное напряжение, не менее	300 кВ
Выдерживаемое напряжение промышленной частоты, не менее:	
– в сухом состоянии	38 кВ
– под дождем	28 кВ

Окончание

Множественно выдерживаемый импульсный ток 8/20 мкс, не менее	40 кА
Масса	2,4 кг
Срок службы, не менее	30 лет

Разрядник петлевого типа РДИП-10-4 УХЛ1 является нормативно узаконенным грозозащитным средством для ВЛ с защищенными и неизолированными проводами.

Благодаря оригинальности реализуемого принципа действия, конструктивной простоте и неподверженности повреждениям грозowymi и дуговыми токами, РДИП-10-4 УХЛ1 является эффективным, надежным и экономичным грозозащитным устройством.

Конструктивно-технические параметры разрядника РДИП-10-4 УХЛ1 позволяют осуществлять его монтаж на любых типах опор ВЛ и ВЛЗ, при этом отсутствует необходимость в постоянном обслуживании [2].

Литература

1. Лещинская, Т. Б. Электроснабжение сельского хозяйства / Т. Б. Лещинская. – М. : КолосС, 2006. – 368 с. : ил.
2. Подпоркин, Г. В. Современная грозозащита распределительных воздушных линий 6, 10 кВ длинноискровыми разрядниками / Г. В. Подпоркин, А. Д. Сиваев // Электро. – 2006. – № 1. – С. 36–42.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА УДЕЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ СВЕТИЛЬНИКОВ

А. Э. Левзикова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель В. Д. Елкин

Метод удельной мощности, широко применяющийся в проектной практике, позволяет без выполнения светотехнических расчетов определять мощность всех ламп общего равномерного освещения, требуемого по нормам в данном помещении.

В основу расчета по удельной мощности положен упрощенный вариант расчета с применением метода коэффициента использования светового потока.

Расчет по методу удельной мощности допускается производить только для общего равномерного освещения при отсутствии затенений.

Из светотехники известно, что световая отдача лампы, лм/Вт, определяется по выражению

$$\omega = \Phi / P_{л}, \quad (1)$$

где $\Phi = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot z}{n \cdot \eta}$.

Тогда

$$\Phi = P_{л} \cdot \omega + \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot z}{n \cdot \eta}. \quad (2)$$

Решив это уравнение относительно $nP_{\text{л}}$ и разделив обе части уравнения на площадь S , получим:

$$nP_{\text{л}}/S = P_{\text{уд}}. \quad (3)$$

Из этого выражения видно, что удельная мощность является функцией переменных величин, входящих в формулу расчета по методу коэффициента использования. На основании светотехнических расчетов, выполненных этим методом, составлены таблицы удельной мощности при равномерном размещении стандартных светильников общего освещения.

Удельной мощностью $P_{\text{уд}}$ называется отношение суммарной мощности всех ламп, установленных в данном помещении, к площади освещаемой поверхности (пола), Вт/м²:

$$P_{\text{уд}} = nP_{\text{л}}/S. \quad (4)$$

Метод расчета заключается в определении удельной мощности $P_{\text{уд}}$ по справочным таблицам. В зависимости от нормируемого уровня освещенности, высоты и площади помещения для выбранного светильника можно определить удельную мощность Вт/м².

Установленная мощность всех ламп определяется как произведение удельной мощности на площадь всего помещения:

$$P_{\text{уст}} = P_{\text{уд}} \cdot S. \quad (5)$$

Количество ламп можно определить, приняв для расчета стандартную лампу по выражению

$$n = P_{\text{уст}} / P_{\text{л}}. \quad (6)$$

То есть после того как определена мощность всех ламп, можно определить мощность одной лампы, намечая предварительно количество ламп, или определить количество ламп, намечая конкретную стандартную мощность ламп:

$$P_{\text{л}} = P_{\text{расч}} / n, \text{ или } n = P_{\text{расч}} / P_{\text{л}}. \quad (7)$$

Значения удельной мощности приводятся в справочной литературе в зависимости от источников света, высоты и площади помещения при нормируемых уровнях освещенности до 100 лк, коэффициентах запаса и коэффициентах отражения потолка, стен, рабочей поверхности [1].

При пользовании таблицами удельной мощности по справочным данным следует учитывать следующие особенности:

- если значения освещенности и коэффициента запаса, принятых для расчета, отличаются от указанных в таблице, следует произвести пропорциональный перерасчет значения удельной мощности;

- если значения коэффициента отражения поверхностей помещения отличаются от принятых в таблице (помещения более светлые или более темные), то допускается, соответственно, увеличить или уменьшить удельную мощность на 10 %.

В таблицах указаны значения удельной мощности для коэффициента полезной мощности (КПД) светильника – 100 %, для получения значения удельной мощности при меньшем КПД следует табличное значение разделить на фактическое значение КПД в относительных единицах.

В качестве примера выполним расчет освещения по удельной мощности. Определим мощность и количество ламп в складском помещении, а также суммарную мощность осветительной установки.

Исходные данные: нормируемая освещенность $E = 50$ лк; коэффициенты отражения потолка $\rho_{\text{п}} = 50$ %, стен $\rho_{\text{с}} = 30$ %, расчетной поверхности $\rho_{\text{р}} = 10$ %; светильники с лампами накаливания типа НСП17; размеры помещения $A = 24$ м; $B = 12$ м; $H = 6$ м.

Решение: вычислим площадь помещения:

$$S = A \cdot B;$$

$$S = 24 \cdot 12 = 288 \text{ м}^2.$$

При высоте помещения 6 м и площади 288 м², а также нормируемой освещенности 50 лк определим удельную мощность, Вт/м². Для светильника НСП17 с лампами накаливания 200 Вт она составит $P_{\text{уд}} = 8,8$ Вт/м²:

$$P_{\text{уст}} = 8,8 \cdot 288 = 2534,4 \text{ Вт};$$

$$n = 2534,4/200 \approx 12 \text{ ламп.}$$

С помощью разработанной методики определим количество ламп накаливания для освещения электропомещения (ТП) с минимальной освещенностью 50 лк. Размеры помещения $A = 6$ м, $B = 6$ м, $H = 3,0$ м; коэффициенты отражения потолка $\rho_{\text{п}} = 50$ %; стен $\rho_{\text{с}} = 30$ %; расчетной поверхности $\rho_{\text{р}} = 10$ %; светильники серии НПП100.

Решение: вычислим площадь помещения:

$$S = A \cdot B = 6 \cdot 6 = 36 \text{ м}^2.$$

При расчетной высоте $H_{\text{р}} = 3$ м и площади 36 м², а также нормируемой освещенности 50 лк определим удельную мощность, Вт/м², для светильника НПП100 она составит:

$$P_{\text{уд}} = 16,2 \text{ Вт/м}^2.$$

Определим установленную мощность всех ламп в помещении:

$$P_{\text{уст}} = 16,2 \cdot 36 = 583 \text{ Вт},$$

тогда

$$n = 583/100 = 6 \text{ ламп.}$$

Трудность применения для расчетов электрического освещения состоит в том, что на современные светильники не разработаны таблицы определения удельной мощности.

Технические характеристики современных светильников с люминесцентными лампами типа Т5, с компактными люминесцентными лампами, с индукционными и светодиодными источниками света содержат данные для расчета освещения по методу коэффициента использования светового потока. Так как метод удельной мощности является упрощенный упрощенным вариантом метода коэффициента использования светового потока, то при необходимости выполнения расчетов по методу удельной мощности предлагаем определить величину удельной мощности, просчитав количество и мощность ($P_{л}, n$) источников света методом коэффициента использования светового потока. И, следовательно, в зависимости от площади помещения получим удельную мощность [2]:

$$P_{уд} = P_{л} \cdot n / S.$$

Литература

1. Кноррин, Г. М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г. М. Кноррин, И. М. Фадин, В. Н. Сидоров. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : Энергоатомиздат ; С.-Петербург. отд-ние, 1992. – 448 с. : ил.
2. Электрическое освещение : справочник / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич. – 2-е изд. – Минск : Техноперспектива, 2008. – 271 с. : ил.

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ СВЕТОФИЛЬТРОВ НА ПРИМЕРЕ СВЕТОФИЛЬТРА ФИРМЫ ANODER

Ю. В. Лелявская

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель О. И. Проневич

Для улучшения качества снимков или воплощения художественных замыслов применяют светофильтры. Поляризационные фильтры улучшают качество снимка, устраняя отраженные блики и увеличивая глубину цвета. Такого эффекта практически невозможно достичь последующей обработкой в фоторедакторе.

Принцип действия поляризационных фильтров. Поляризационный фильтр, находясь перед объективом, улавливает и фильтрует солнечный свет. Ниже приведены примеры работы светофильтра. На рис. 1 установлено минимальное значение поляризации, а на рис. 2 установлено максимальное значение. Как можно заметить, бликов стало значительно меньше.



Рис. 1. С минимальным значением поляризации



Рис. 2. С максимальным значением поляризации

Точность работы этого поляризационного фильтра была проверена на лабораторной установке в лаборатории 2-507. Установка состоит из источника света S , анализатора A и фотоприемника с гальванометром Φ (рис. 3). В качестве поляризатора использовался поляризационный светофильтр фирмы Anoder. На анализаторе изменялся угол поворота от 0 до 180° , и полученные данные заносились в таблицу. Затем по формуле (1) высчитали теоретическую зависимость интенсивности от угла поворота и занесли данные также в таблицу:

$$I_t = I_0 \cos^2 \varphi, \quad (1)$$

где I_0 – максимальное значение интенсивности; φ – угол – поворота поляризатора.

По полученным данным был построен график (рис. 4). Также по формуле (2) посчитали значение поляризации данного светофильтра и получили значение $P_0 = 0,88$:

$$P_0 = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min}), \quad (2)$$

где I_{\max} – максимальное значение интенсивности; I_{\min} – минимальное значение интенсивности.

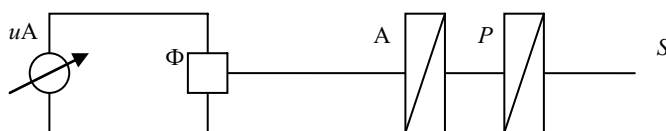


Рис. 3. Схема установки

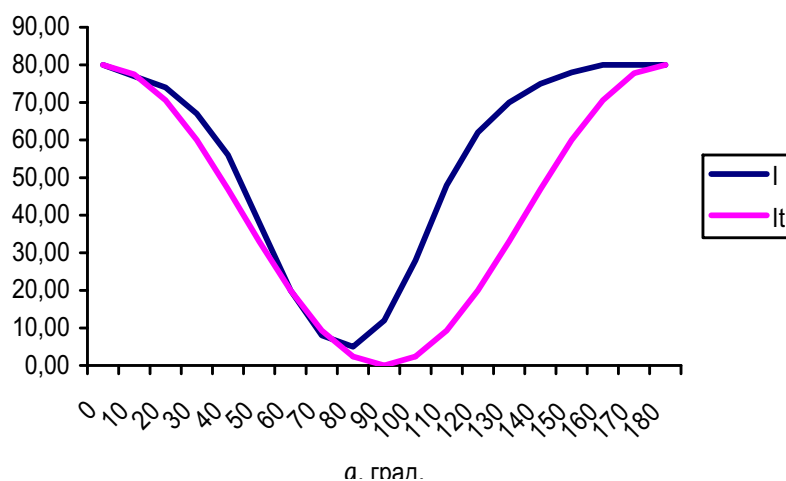


Рис. 4. График зависимости поляризации от угла поворота анализатора

Зависимость интенсивности света от угла поворота поляризатора

φ , град.	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
I	80	77	74	67	56	38	20	8	5	12	28
I_t	80	77.5	70.6	60	46.9	33	20	9.3	2.4	0	2.4

Продолжение

φ, град.	110	120	130	140	150	160	170	180
I	48	62	70	75	78	80	80	80
I_t	9.3	20	33	46.5	60	70.6	77.8	80

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что данный поляризационный светофильтр соответствует теоретическим значениям на промежутке от 60 до 80°, наиболее эффективно светофильтр работает при значении угла поворота 30–120°, а при 160–180° значение интенсивности проходящего света не изменится.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

А. В. Луговский

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Г. И. Селиверстов

В настоящее время в Республики Беларусь и за рубежом интенсивно ведутся исследования и разработки в области совершенствования существующих и создания новых технологий передачи и распределения электроэнергии с целью улучшения их как технических, так и экономических показателей, а также снижения экологического влияния электропередач высокого и сверхвысокого напряжения на окружающую среду [1].

В странах СНГ были предложены и исследуются ВЛ повышенной пропускной способности новых типов – компактные одноцепные, двухцепные и многоцепные, а также двухцепные и многоцепные самокомпенсирующиеся. Применение современных устройств и средств регулирования позволяет указанные электропередачи повышенной пропускной способности выполнить в виде управляемых по заранее заданным техническим и экономическим критериям и тем самым обеспечить оптимальные режимные характеристики, необходимые величины пропускной способности и запасы по статической и динамической устойчивости, экономию капитальных вложений и сниженное влияние на окружающую среду.

Целью исследования является разработка системы управления воздушной передачи в зависимости от изменения режимов работы приемной энергосистемы.

Система управления воздушной электропередачи переменного тока с регулируемым параметрами (рис. 1) служит для автоматического регулирования фазового сдвига векторов напряжений на трехфазной линии электропередачи [2].

С целью повышения пропускной способности одноцепной линии электропередачи осуществляют фазовый сдвиг в пределах 180° векторов напряжений каждой из двух фаз относительно вектора напряжения третьей фазы. Этот процесс может быть использован в электротехнике при передаче электроэнергии по одноцепным трехфазным или двухфазным воздушным линиям электропередачи [3].

Провода 1–3 (рис. 1) фаз трехфазной линии электропередачи в начале и конце присоединены к трехфазным шинам A , B , C с помощью независимых фазосдвигающих устройств 4–6 в каждой фазе, осуществляющих фазовый сдвиг векторов напряжений соответствующих фаз. Со стороны передающей системы 7 устройства 4–6 обеспечивают на линии сдвиг векторов напряжений U_A , U_B , U_C различных фаз друг

относительно друга. В зависимости от режима нагрузки линии электропередачи угол между любой парой векторов может быть в пределах $0-180^\circ$. При этом с помощью устройств 4–6 может одновременно изменяться также величина векторов напряжений каждой из фаз линии.

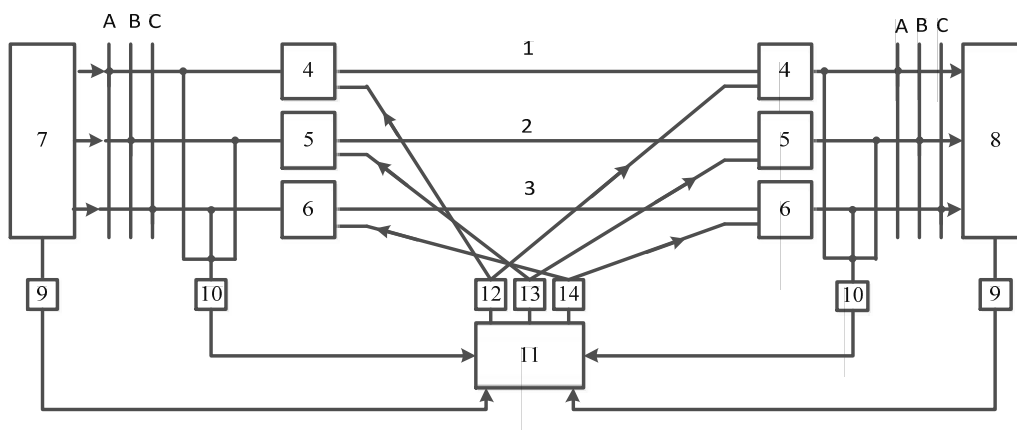


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема электропередачи переменного тока

Для независимого изменения фазового сдвига напряжений в каждой фазе линия снабжена системой автоматического управления режимом, в которую входят измерительно-информационные датчики 9 о параметрах передающей 7 и приемной 8 систем, датчики 10 о параметрах режима линии электропередачи, устройство 11 выработки управляющих воздействий и устройства 12–14 синхронного управления фазосдвигающими устройствами по концам линии электропередачи. Отличительным является то, что каждое из устройств 12–14 воздействует на фазосдвигающее устройство соответствующей одной фазы. Так, например, устройство 12 синхронного управления воздействует на фазосдвигающие устройства 4, установленные по концам линии в фазе А [2].

С помощью фазосдвигающих устройств 4–6, установленных в конце линии электропередачи, обеспечивается сдвиг векторов напряжений в обратную сторону, в результате чего на шины приемной системы 8 подается симметричная или несимметричная система напряжений.

При таких независимых фазосдвигающих устройствах существенным является то, что они обеспечивают изменение положения вектора напряжений каждой фазы независимо от положения векторов напряжений других фаз.

Для обеспечения синхронного регулирования фазосдвигающих устройств со стороны передающей и приемной энергосистем предлагается система управления воздушной электропередачей, включающая измерительно-информационные датчики 9, датчики 10 (рис. 1) и систему передачи информации (рис. 2).

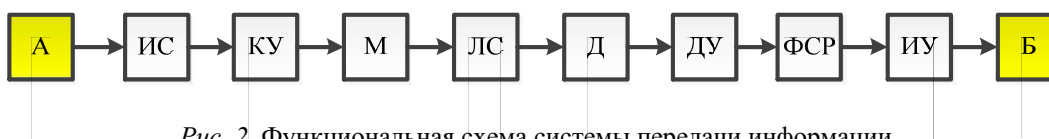


Рис. 2. Функциональная схема системы передачи информации

Система передачи информации состоит из источника сообщения (ИС), кодирующего устройства (КУ), которое формирует из сообщения А сигнал; модулятора (М), преобразующего сигнал в вид, удобный для передачи по линии связи (ЛС); демодулятора (Д), преобразующего сигнал в первоначальный вид; декодирующего устройства (ДУ), формирующего из сигнала сообщение Б. По принятому сообщению должен быть сформирован сигнал реализации (исполнения). Эту задачу решает отдельное устройство – формирователь сигнала реализации (ФСР), воздействующий на исполнительное устройство (ИУ).

Назначение системы передачи информации – передать сообщение от источника сигнала к приемнику, причем сообщение Б, принятое получателем, должно соответствовать переданному сообщению А.

Предложенная система управления воздушной электропередачи переменного тока повышает функциональные возможности системы электропередачи, увеличивает пропускную способность, уменьшает стоимость передачи, уменьшает количество и мощность компенсирующих устройств.

Литература

1. Об утверждении стратегии развития энергетического потенциала Республики Беларусь : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 09.08.2010 г. № 1180.
2. Способ передачи электроэнергии, осуществляемый при помощи фазового сдвига векторов напряжений на трехфазной линии электропередачи : а. с. 566288 СССР, кл. Н 02 G 3/00 / В. Т. Федин, Г. И. Селиверстов ; дата публ.: 07.02.85.
3. Федин, В. Т. Инновационные технические решения в системах передачи электроэнергии / В. Т. Федин. – Минск : БНТУ, 2012. – 222 с.

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОАО «ГОМЕЛЬСКИЙ ЗАВОД СТАНОЧНЫХ УЗЛОВ»

Е. В. Мазаева

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Т. В. Алферова

Энергетическая стратегия Республики Беларусь (РБ) направлена на обеспечение безопасности, надежности и бесперебойности работы энергетических систем. При этом обязательным условием является поставка потребителям электрической энергии высокого качества, поскольку плохое качество электроэнергии приводит к значительному финансовому ущербу [1].

С 1997 по 2016 г. основным нормативным документом, устанавливающим в Республике Беларусь нормы на показатели качества электрической энергии, требования к контролю, методам и средствам измерений электроэнергии, был стандарт ГОСТ 13109–97 [2].

С 1 апреля 2016 г. он прекратил свое действие, и был введен межгосударственный стандарт ГОСТ 32144–2013 [3].

В настоящее время задачи контроля качества электроэнергии решаются при помощи прибора УК-1, выпускаемого в Республике Беларусь. С учетом допущений, разрешаемых ГОСТ 13109–97, прибор осуществляет сравнение фактических значений параметров электроэнергии на границах раздела балансовой принадлежности сетей (ГРБП) установленным нормам, а также выявление виновника ухудшения качества электроэнергии.

Прибор УК-1 (ТУ РБ 100230547.012–2002) – устройство контроля параметров качества электроэнергии, представляющее собой высокочастотный измерительный прибор, составленный на основе современных цифровых технологий. Прибор устанавливается на энергетических объектах, осуществляет сбор, обработку и хранение информации о параметрах качества электроэнергии в соответствии с требованиями ГОСТ 13109–97.

Устройство УК1 внесено в Государственный реестр средств измерений РБ под № РБ 03 13 1654 02 и имеет соответствующий сертификат.

В период с 4.04.2017 по 9.04.2017 г. на ОАО «Гомельский завод станочных узлов» были проведены измерения показателей качества электроэнергии в ЦРП 6 кВ на 1 и 2 секции шин. Измерения производились приборами УК-1 (заводские номера 060004 и 060005), которые подключались по схеме «треугольник» к измерительным цепям 100 В трансформаторов НТМИ 6 кВ. Параметры окружающей среды определялись измерителями температуры и относительной влажности.

Целью измерения и анализа основных показателей качества электроэнергии является определение соответствия параметров электрической энергии их установленным значениям. Несоответствие отдельных показателей качества нормированным значениям влечет за собой прямые и косвенные экономические потери (к примеру, остановка производства из-за провала напряжения).

В качестве примера рассмотрим измерения в период с 4.04.2017 по 6.04.2017 г.

Анализ результатов измерений на 1 секции шин выявил следующие показатели качества, представленные в табл. 1–5.

Таблица 1

Установившееся отклонение напряжения, %

Дата	Минимум	Максимум	Норма
4.04.2017 г.	0,44	5,03	±5,00
5.04.2017 г.	0,36	5,54	
6.04.2017 г.	–0,09	4,73	

Таблица 2

Отклонение частоты, Гц

Дата	Минимум	Максимум	Норма
4.04.2017 г.	–0,06	0,03	±0,2
5.04.2017 г.	–0,05	0,04	
6.04.2017 г.	–0,06	0,05	

Таблица 3

Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения, %

Дата	Минимум	Максимум	Норма
4.04.2017 г.	0,46	2,29	5,00
5.04.2017 г.	0,37	2,35	
6.04.2017 г.	0,55	2,37	

Таблица 4

Доза фликера, отн. ед.

Дата	Минимум	Максимум	ПДН
Кратковременная доза			
4.04.2017 г.	0,09	1,31	1,38
5.04.2017 г.	0,06	1,59	
6.04.2017 г.	0,03	1,73	
Длительная доза			
4.04.2017 г.	0,00	0,97	1,00
5.04.2017 г.	0,32	1,04	
6.04.2017 г.	0,45	1,2	

Таблица 5

Коэффициент несимметрии, %

Дата	Минимум	Максимум	Норма
4.04.2017 г.	0,50	1,17	2,00
5.04.2017 г.	0,53	1,06	
6.04.2017 г.	0,57	1,82	

Коэффициент n -й гармонической составляющей напряжения соответствует требованиям ГОСТ 13109–97.

По итогам измерений можно сделать следующие выводы:

1) 4.04.2017 г. все измеренные показатели качества электроэнергии соответствуют требованиям ГОСТ 13109–97.

2) 5.04.2017 г. показатели качества электроэнергии не соответствуют требованиям ГОСТ 13109–97 в части следующих параметров:

– установившееся отклонение напряжения превысило норму на 10,8 %;

– доза фликера превысила норму на 15,2 %.

3) 6.04.2017 г. показатель качества электроэнергии не соответствует требованиям ГОСТ 13109–97 в части следующих параметров:

– доза фликера превысила норму на 25,4 %.

Анализ результатов измерений на 2 секции шин выявил следующее:

– установившееся отклонение напряжения, отклонение частоты, коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения, коэффициент несимметрии, доза фликера соответствуют требованиям ГОСТ 13109–97;

– коэффициент n -й гармонической составляющей напряжения не соответствует требованиям ГОСТ 13109–97. Отклонение происходит 5.04.2017 г. и 6.04.2017 г. по каналу A на 21-й гармонике. Значение превышения от предельно допустимой нормы составляет 43 и 3 %, соответственно. Динамика изменения коэффициента гармонической составляющей напряжения представлена на рис. 1 и 2.

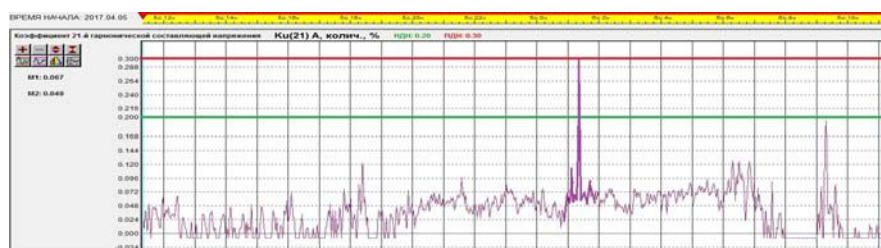


Рис. 1. Отклонение коэффициента 21-й гармонической составляющей напряжения по каналу А 5.04.2017 г.

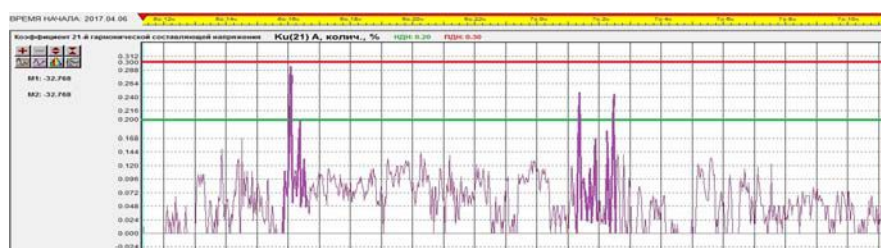


Рис. 2. Отклонение коэффициента 21-й гармонической составляющей напряжения по каналу А 6.04.2017 г.

В результате анализа проведенных измерений параметров качества электроэнергии на ОАО «Гомельский завод станочных узлов» в период с 4.04.2017 по 6.04.2017 г. были выявлены отклонения от предусмотренной нормы установившегося отклонения напряжения (превышение составило 10,8 %); дозы фликера (превышение нормы на 25,4 %); коэффициента 21-й гармонической составляющей напряжения (превышение нормы на 43 и 3%), т. е. качество электроэнергии не соответствует нормируемому, что требует установки специальных фильтро-компенсирующих устройств.

Л и т е р а т у р а

1. Жежеленко, И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промышленных предприятий / И. В. Жежеленко. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 2000. – 331 с. : ил.
2. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения : ГОСТ 13109–97. – Введ. 1.08.1999. – Минск : БелГИСС, 1999. – 31 с.
3. ГОСТ 32144–2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. 1.02.2016. – Минск : БелГИСС, 2015.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В ВЕЩЕСТВЕ ПРИ ЛАЗЕРНОМ НАГРЕВЕ

Д. А. Максименко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель П. С. Шаповалов

Современное промышленное производства требует широкого применения лазеров для резки материалов, лазерной сварки, термообработки и наплавки различных материалов [1]. Использование лазеров, в первую очередь, предполагается в тех тех-

нологических процессах, которые неосуществимы с помощью других источников энергии, и там, где применение лазера обеспечивает большую эффективность работы и большую производительность труда.

Для эффективного использования лазеров технологий нагрева и плавления необходимо знать распределение температур в веществе в зависимости от распределения интенсивности света в поперечном сечении пучка. Основной физической характеристикой процесса нагрева при воздействии лазерного излучения является температурное поле в материале. Если распределение температуры в веществе известно, то это позволяет выбрать наиболее эффективные и рациональные технологические режимы обработки материалов.

Для расчета температурного поля в материале, нагреваемого лазерным пучком, воспользуемся неоднородным эллиптическим уравнением теплопроводности [2]. Для нагрева вещества используем лазерный пучок с круговой симметрией, тогда исходное уравнение в полярной системе координат примет вид

$$\frac{d^2T}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dT}{dr} = -\frac{1}{\lambda} I, \quad (1)$$

где T – распределение температуры в веществе; λ – теплопроводность материала, I – лазерный тепловой источник, r – радиус полярной координаты.

Лазерный тепловой источник представим в виде произведения круговой гауссовой функции на многочлен четной степени от r :

$$I = (C_0 + C_1 r^2 + C_2 r^4 + \dots + C_n r^{2n}) \exp\left(-\frac{2r^2}{w^2}\right), \quad (2)$$

где w – радиус пучка. В случае $C_0 \neq 0$, а $C_i = 0$, ($i = \overline{1, n}$) имеем обычный гауссов круговой пучок, где C_0 является интенсивностью лазерного излучения на оси пучка $r = 0$. Если $C_0 = 0$, то имеем кольцевой лазерный пучок. Такое представление теплового источника позволяет подобрать произвольную форму пучка обладающей круговой симметрией.

Учитывая постановку задачи для решения уравнения (1), граничные условия могут быть записаны в виде

$$T(r = b) = 0; \quad (3a)$$

$$\frac{dT(r = 0)}{dr} = 0. \quad (3б)$$

Если в первом граничном условии (3a) положить, что b стремится к ∞ , то из этого вытекает, что на бесконечности температура равна нулю. Второе граничное условие (3б) следует из круговой симметрии лазерного теплового источника задачи.

Интегрируя дифференциальное уравнение (1), с учетом граничного условия (3б) получим:

$$\frac{dT}{dr} = \frac{w^2}{4\lambda} r e^{-\frac{2r^2}{w^2}} \sum_{k=1}^n C_k \left[r^{2k} + \sum_{i=1}^k k(k-1) \dots (k-i+1) \frac{w^{2i}}{2^i} r^{2(k-i)} \right]. \quad (4)$$

Интегрируя с учетом первого граничного условия (3), получим решение уравнения (4) в аналитическом виде:

$$T = -\frac{\lambda w^2}{8} \left[e^{-\frac{2r^2}{w^2}} \sum_{k=2}^n S_k(r) - e^{-\frac{2a^2}{w^2}} \sum_{k=2}^n S_k(b) + \left(Ei\left(\frac{2r^2}{w^2}\right) - Ei\left(\frac{2b^2}{w^2}\right) - 2\ln(r) + 2\ln(b) \right) \times \right. \\ \left. \times \sum_{k=1}^{n+1} (-1)^{k-1} \frac{C_{k-1} w^{2(n-1)}}{2^{k-1}} k(k-1) \dots 2 \cdot 1 \right], \quad (5)$$

где $S_k(r) = C_k \sum_{i=1}^k \left((-1)^{k-1} \frac{w^{2(r-i+1)} r^{2(i-1)}}{2^{r-i+1}} \sum_{m=i}^k \frac{1}{m} k(k-1) \dots (i+1)i \right)$; $Ei(x)$ – интегральная показательная функция [3]. В случае, когда используется обыкновенный круговой гауссов пучок ($C_0 \neq 0, C_i = 0, i = \overline{1, n}$), распределение температурного поля имеет вид

$$T = -\frac{\lambda w^2 C_0}{8} \left[Ei\left(\frac{2r^2}{w^2}\right) - Ei\left(\frac{2b^2}{w^2}\right) - 2\ln\left(\frac{r}{b}\right) \right]. \quad (6)$$

При численном исследовании решений (5), (6) использовались круговые и кольцевые гауссовы пучки (рис. 1).

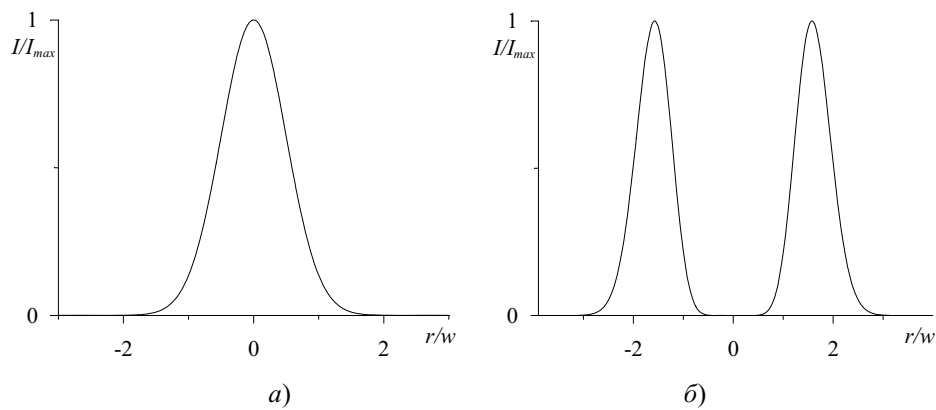


Рис. 1. Распределение интенсивности излучения в поперечном сечении кругового (а) $C_0 \neq 0$ и кольцевого гауссового пучка (б) $C_5 \neq 0$

Качественное распределение температурного поля при воздействии таких пучков на поверхность материала представлено на рис. 2.

Из рис. 2, а следует, что использование кругового пучка приводит к более узкому отверстию в материале и при одинаковой мощности с кольцевым пучком к более глубокому отверстию, что выгодно при резке материалов. Использование кольцевых пучков выгодно для равномерного нагрева и плавления (наплавки) материала.

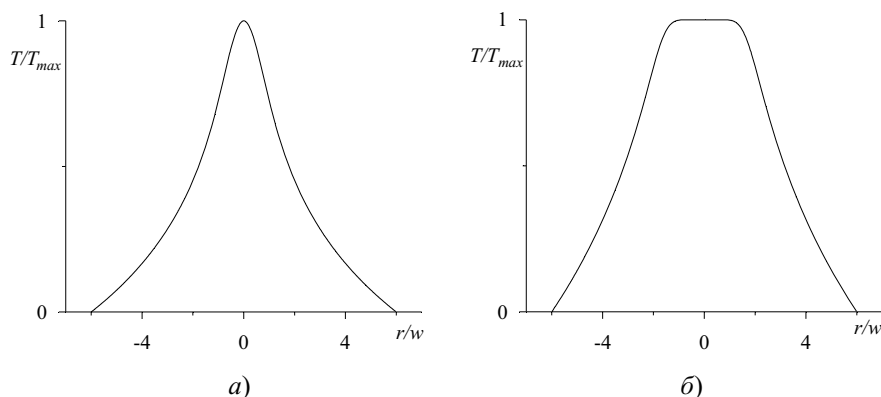


Рис. 2. Распределение температурного поля на поверхности материала при нагревании круговым (а) $C_0 \neq 0$, $b = 6r/w$ и кольцевым (б) $C_5 \neq 0$, $b = 6r/w$ гауссовым пучком

Дальнейшее изучение влияния формы лазерного пучка на температурное распределение в веществе позволит найти оптимальный режим работы лазерных инструментов в технологии лазерной резки и нагрева материалов.

Литература

1. Григорьянц, А. Г. Технологические процессы лазерной обработки / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 663 с.
2. Моделирование теплофизических процессов импульсного лазерного воздействия на металлы / А. А. Углов [и др.]. – М. : Наука, 1991. – 288 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

А. А. Матьякубов

Государственный энергетический институт Туркменистана, г. Мары

Тепловые характеристики солнечного модуля являются не менее важными, чем электрические, и нарушение тепловых характеристик имеет большое влияние на работоспособность солнечного модуля в целом.

Для оценки тепловых характеристик солнечной батареи была использована тепловизионная камера типа NEC TH7700 (погрешности показаний тепловизора находятся в пределах $\pm 2\%$ или $\pm 2^\circ\text{C}$, которые удовлетворяют требованиям МРБ МП.1768–2008) и с ее помощью были сняты тепловые характеристики солнечного модуля при различных режимах работы.

Тепловизор делает видимым для человеческого глаза распределение температур на поверхности обследуемого объекта. Человек, вооруженный тепловизором, может моментально определить неисправность оборудования, если она сопровождается изменением температуры объекта или его частей. В отличие от пирометра тепловизор одновременно показывает полную картину температурного состояния объекта. Даже очень незначительная неоднородность, в десятые доли $^\circ\text{C}$, позволяет получить информативное изображение и произвести диагностику [5].

При подключении к солнечной батарее нагрузки часть энергии будет преобразовываться в тепло. При уменьшении сопротивления нагрузки напряжение будет падать, а ток возрастать. Соответственно, будет возрастать и отдаваемая нагрузке мощность. В некоторой точке мощность, выделяемая на нагрузке, достигает своего

максимума, после чего при дальнейшем уменьшении сопротивления напряжение на нагрузке начинает резко падать, а вместе с ним и генерируемая мощность.

На тепловые характеристики солнечной батареи влияют очень много факторов, качество материала, из которого сделаны ячейки, географическое место расположения, но в основном – угол установки солнечной батареи. Во время исследований угол установки был равен 53° .

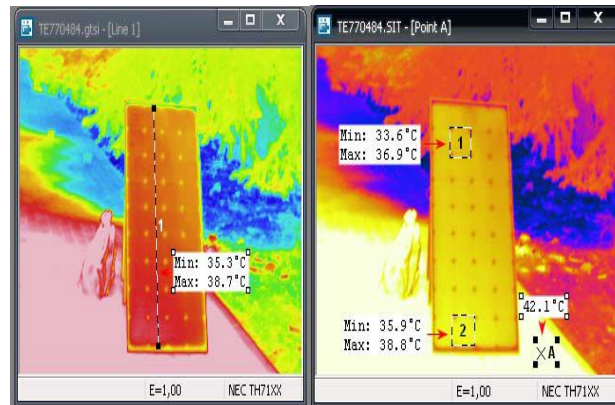


Рис. 1. Термограмма солнечного модуля под нагрузкой

Как видно из рис. 1, под нагрузкой в солнечной батарее температура первой ячейки составляет $35,3^\circ\text{C}$, и далее она линейно возрастает, а в нижней ячейке – $38,7^\circ\text{C}$. Разность температур от минимального до максимального составляет $3,4^\circ\text{C}$. Такая разница в температурах связана с тем, что нижняя ячейка нагревается еще и от тепла, излучаемого бетонной поверхностью (альбедо поверхностью), которая естественно нагревается от солнечных лучей.

Солнечная батарея предназначена для преобразования энергии оптического излучения с конкретным спектральным составом – спектральным составом солнечного излучения – в электроэнергию. В связи с этим важной характеристикой солнечной батареи является ее спектральная чувствительность. Под спектральной чувствительностью понимается зависимость тока короткого замыкания (фототока, напряжения холостого хода) от длины волны падающего монохроматического излучения, нормированная на единицу энергии падающего излучения данной длины волны.

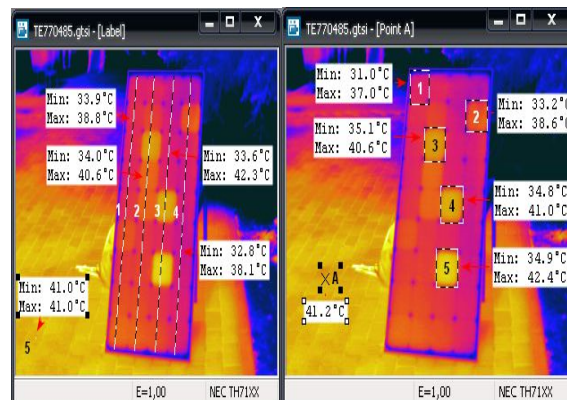


Рис. 2. Термограмма солнечного модуля в режиме короткого замыкания

Измерить ток короткого замыкания можно, подключив амперметр к клеммам солнечной батареи. Во время исследований величина тока короткого замыкания составила 6,5 А, которые были измерены с помощью цифрового амперметра. Как видно из рис. 2, в режиме короткого замыкания вся вырабатываемая энергия будет выделяться на самой батарее в виде тепла.

Заключение. Тепловизор показал, что во второй и третьей секциях имеются ячейки, в которых есть явные отклонения тепловых характеристик. Как видно из рис. 1, 2, ячейки с явно выделяющимся теплом возможно в скором времени выйдут из строя при повторном коротком замыкании, что чревато последствиями выхода из строя всей секции, так как выход из строя одной ячейки приведет к разрыву цепи, и ток нагрузки не сможет протекать. Режимы короткого замыкания являются опасными как и для самого модуля, так и для сети, поэтому следует принять меры по безопасной эксплуатации (устройства РЗА и сигнализации в виде предохранителей и автоматический выключателей, которые реагируют на изменения нагрузки или напряжение в сети).

Литература

1. Солнечная энергетика : учеб. пособие для вузов / В. И. Виссарионов [и др.]. – М. : Издат. дом МЭИ, 2008. – 317 с.
2. Лосюк, Ю. А. Нетрадиционные источники энергии : учеб. пособие / Ю. А. Лосюк, В. В. Кузьмич. – Минск : Технопринт, 2005. – 234 с.
3. Установ, Е. М. Солнечная энергия : учеб. пособие / Е. М. Установ, В. С. Юстанов. – М. : 1980. – 208 с.
4. Кундас, С. П. Возобновляемые источники энергии : монография / С. П. Кундас, С. С. Позняк, Л. В. Шенец, МГЭУ им. А. Д. Сахарова. – Минск, 2009. – 315 с.
5. Прайс-лист на тепловизионные камеры. – 2014. – Режим доступа: <http://www.analyzers.ru/teplovizori/necth7700/>. – Дата доступа: 15.01.2017.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А. А. Матьякубов

Государственный энергетический институт Туркменистана, г Мары

Эффективность применения солнечных батарей зависит от интенсивности попадания солнечных лучей на ее поверхность, количества солнечных часов и, прежде всего, угла наклона батареи.

Интенсивность попадания солнечных лучей в рассматриваемой площадке зависит от географической широты, времени года, суток, наличия облаков и загрязнений в атмосфере, от угла наклона к горизонту. Для пояснения влияния широты местности и времени года на величину потока солнечных лучей рассмотрим траекторию движения Земли вокруг Солнца, которая представляет собой эллипс с Солнцем в одном из фокусов. Расстояние между Солнцем и Землей изменяется в течение года. Земля ближе всего к Солнцу в декабре и дальше всего – в июне. В начале января, когда Солнце ближе всего находится к Земле, внеатмосферное излучение возрастает до 1,43 кВт/м², а в июле, когда Солнце дальше всего расположено от Земли, оно уменьшается до 1,33 кВт/м² [1].

Проведем некоторые расчеты: рассматривается точка А с координатами φ° северной широты, Ψ восточной долготы, известен номер суток с начала года – n , $o. e.$

Расчет склонения солнца – δ , часового угла солнца – ω и продолжительности солнечного сияния в течение суток T_c в точке А (г. Гомель) с координатами $\varphi = 53^\circ$ с. ш.; $\Psi^\circ = 28^\circ$ в. д., в рассматриваемые сутки года.

Расчет производится по следующим формулам. Склонение Солнца δ в данные сутки n определяется по следующему выражению:

$$\delta = \delta_0 - \sin(360 - (284 + n)/365)^\circ,$$

где $\delta_0 = +23^\circ 27' = 23,45^\circ$ для северного полушария; n – номер суток с начала года (на 31.03.2017 г. $n = 90$):

$$\delta = 23,45^\circ \cdot \sin(360 - (284 + 90)/365) = 3,6^\circ.$$

Часовой угол солнца ω в точке А (φ° с. ш, Ψ° в. д.) в рассматриваемый момент местного времени суток t определяется по формуле

$$\omega^\circ = 15^\circ / \text{ч} \cdot (t - t_{\text{cc}}) + (\Psi^\circ - \Psi^\circ_{\text{зона}_i}),$$

где t , ч – фактическое местное декретное время; t_{cc} , ч – декретный полдень данного часового пояса («летнее» и «зимнее» время), совпадающий со средней долготой данной зоны; Ψ° – фактическая долгота точки А:

$$\omega^\circ = 15^\circ / \text{ч} \cdot (15 - 13) + (28^\circ - 28^\circ) = 30^\circ.$$

Продолжительность солнечного дня в данные сутки в точке А – T_c рассчитывается по формуле

$$T_c = 2/15(\arccos(-\text{tg}\varphi^\circ \cdot \text{tg}\delta^\circ));$$

$$T_c = 2/15(\arccos(-\text{tg}53^\circ \cdot \text{tg}3,29^\circ)) = 14,4 \text{ ч.}$$

Найдем оптимальную величину угла наклона солнечной батареи для 31 марта:

$$\alpha = \varphi^\circ - \delta^\circ = 53^\circ - 3,6^\circ = 49,4^\circ.$$

Правильность расчетов можно проверить другим методом (без учета значений инсоляции для данной местности) – способом, где летний угол установки относительно горизонтали находится как разность географической широты минус 15° , т. е. в данном случае $53^\circ - 15^\circ = 38^\circ$. Зимний угол, наоборот, есть сумма географической широты плюс 15° : $53^\circ + 15^\circ = 68^\circ$, соответственно.

На базе солнечной батареи фирмы «WESWEN» был собран лабораторный стенд (рис. 1) с применением аналого-цифровых приборов для измерения освещенности – цифровой люксметр, тока и напряжения – мультиметр, а также реостат в качестве нагрузки.



Рис. 1. Исследуемый лабораторный стенд

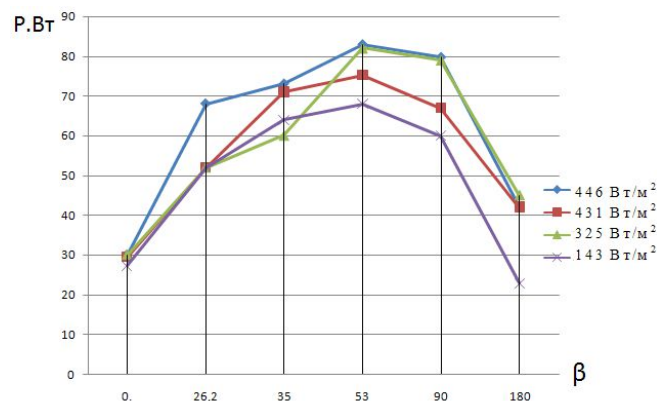


Рис. 2. График зависимости мощности солнечной батареи от угла наклона

Из графика наблюдаем, что имеется пик мощности $P = 82$ Вт при наклоне установки на 53° , и при дальнейшем увеличении угла наклона наблюдаем уменьшение мощности.

Если установить угол наклона поверхности на 5–10 % меньше или больше указанного угла, то получим не менее 90 % солнечного излучения на поглощающую поверхность.

Продолжительность солнечного сияния от года к году колеблется иногда весьма значительно. Например, в Минске средняя многолетняя продолжительность солнечного сияния составляет 1 815 ч/год; за последние 20 лет максимум – 2 070 ч, минимум – 1 507 ч.

Число дней без Солнца на территории республики колеблется от 95 до 110 в год. Наибольшее среднее число дней без Солнца наблюдается зимой. С ноября по январь – около 20 дней в каждом месяце. В течение самого теплого времени года (май–сентябрь) продолжительность солнечного сияния равна примерно 1 200 ч на севере (Полоцк) и 1 400 ч на юге (Пинск), что составляет 67–71 % от годовой суммы.

Для определения эффективности применения привода мы исследовали график зависимости вырабатываемой мощности солнечной батареи от времени, а точнее, в первом случае мы следили за солнцем (поворачивали на 15° в ч) и снимали характеристику. Во втором случае мы направили солнечный модуль строго на юг и снимали характеристики. Измерения проводились на протяжении 12 ч.

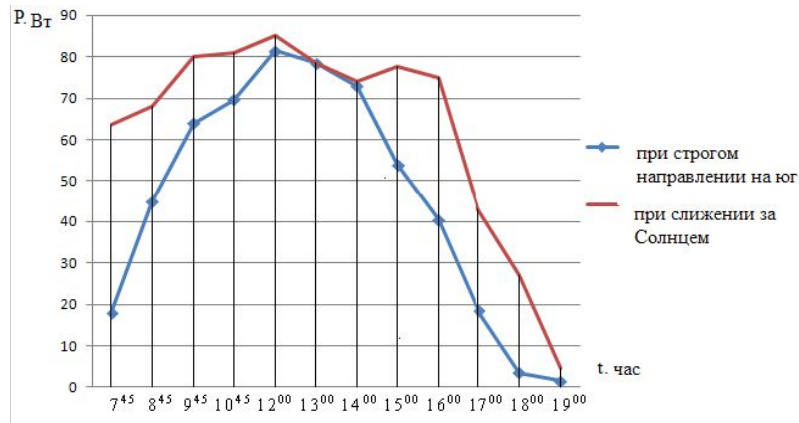


Рис. 3. График зависимости изменения вырабатываемой мощности по времени

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. При сезонном использовании (апрель–сентябрь) солнечного модуля в южной ориентации угол наклона поверхности β к горизонтальной плоскости должен быть 39° , для зимы (декабрь–февраль) $\beta = 68^\circ$, для лета (июнь–август) $\beta = 38^\circ$, при круглогодичном использовании $\beta = 53^\circ$.

2. Проведены исследования эффективности применения привода для слежения за Солнцем. При направлении солнечной батареи строго на юг снимали характеристику и поворачивали ее на $15^\circ/\text{ч}$ и также снимали характеристику. Экономический эффект от применения привода составил 70 %, но следует учитывать тот факт, что при малых мощностях солнечной электростанции положительного эффекта применения привода не будет.

Литература

1. Солнечная энергетика : учеб. пособие для вузов / В. И. Виссарионов [и др.]. – М. : Издат. дом МЭИ, 2008. – 317 с.
2. Лосюк, Ю. А. Нетрадиционные источники энергии : учеб. пособие / Ю. А. Лосюк, В. В. Кузьмич. – Минск : Технопринт, 2005. – 234 с.
3. Кундас, С. П. Возобновляемые источники энергии : монография / С. П. Кундас, С. С. Позняк, Л. В. Шенец. – МГЭУ им. А. Д. Сахарова. – Минск, 2009. – 315 с.
4. Интенсивность солнечного излучения на планете. – Режим доступа: <http://www.greenevolution.ru>. – Дата доступа: 1.03.2017.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В СЕТИ 10 КВ ПРИ РЕЗИСТИВНОМ ЗАЗЕМЛЕНИИ НЕЙТРАЛИ НА ПОДСТАНЦИИ

В. Д. Михайлов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. О. Добродей

В Республике Беларусь, странах СНГ и многих других странах мира до настоящего времени широкое распространение получила система изолированной нейтрали и система компенсированной через дугогасящий реактор нейтрали сетей 6–35 кВ.

Основным достоинством таких систем заземления нейтрали является то, что даже в режиме ОЗЗ без отключения поврежденного участка сети представляется возможным определенное время (до обнаружения и устранения повреждения) осуществлять электроснабжение потребителей. Однако отмеченное преимущество всегда сопровождается негативными явлениями, основными из которых являются:

- при металлическом ОЗЗ напряжение на неповрежденных фазах повышается до линейного;
- появляются значительные дуговые перенапряжения, которые способствуют увеличению вероятности перехода ОЗЗ в двухфазные и трехфазные замыкания;
- режим ОЗЗ может приводить к развитию феррорезонансных перенапряжений в цепи намагничивания измерительных трансформаторов, электродвигателей и другого оборудования;
- повышается опасность поражения людей и животных по причине длительного существования режима работы электрической сети в режиме ОЗЗ.

В настоящее время с учетом опыта эксплуатации признано целесообразным проводить модернизацию системы заземления нейтрали сетей 6–35 кВ путем заземления ее через резистор.

При ОЗЗ в сетях с заземленной через резистор нейтралью во всех присоединениях протекают собственные емкостные токи, однако в поврежденном присоединении, кроме суммарного емкостного тока, протекает активный ток, обусловленный включением в цепь тока нулевой последовательности активного сопротивления резистора.

Это принципиальное положение и обуславливает физическую сущность способа заземления нейтрали через резистор, который позволяет наиболее просто решить две важные технологические задачи:

- во-первых, представляется возможным определить поврежденное присоединение и незамедлительно принять меры по устранению повреждения;
- во-вторых, создаются предпосылки для выбора простой токовой релейной защиты, действующей либо на сигнал, либо на отключение поврежденного присоединения.

Кроме того, заземление нейтрали через резистор позволяет снижать уровень дуговых, феррорезонансных и коммутационных перенапряжений. При этом появляется возможность защиты оборудования ПС с помощью ОПН с более низким остаточным напряжением при коммутационном импульсе [1].

В качестве исследуемого объекта была выбрана подстанция 110/35/10 кВ «Борисов-Северная».

Суть опыта заключается в исследовании величины перенапряжений при однофазном замыкании на землю. Анализ перенапряжений был выполнен для сети с изолированной нейтралью и нейтралью, заземленной через резистор.

Схемы замещения с различными способами заземления нейтрали для сети 10 кВ представлены на рис. 1.

На схеме (рис. 1) E_a, E_b, E_c – напряжения источников питания; X_c – индуктивное сопротивление системы (активным пренебрегаем из-за его малости); C_0 – емкости фаз относительно земли; R_N – сопротивление заземляющего резистора.

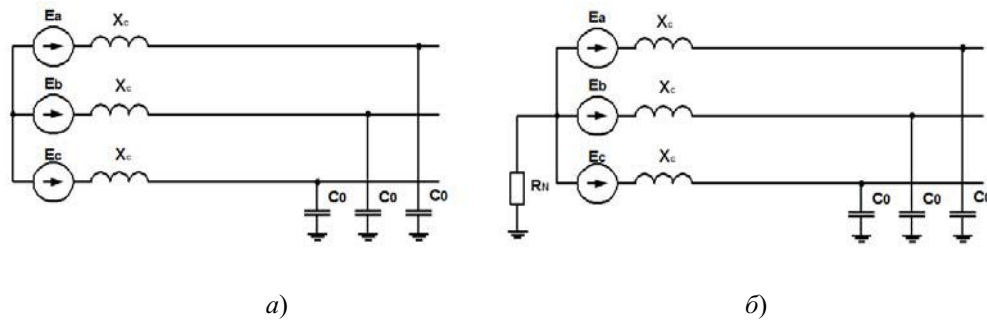


Рис. 1. Схемы замещения сети 10 кВ для исследования перенапряжений:
 а – сеть с изолированной нейтралью; б – сеть с нейтралью,
 заземленной через резистор

Зная длину и марку кабельных линий подстанции, можно определить емкость для одной секции шин подстанции между фазами и землей по выражению

$$C_0 = \sum_{i=1}^n c_{удi} \cdot l_i, \text{ мкФ}, \quad (1)$$

где $c_{удi}$ – удельная емкость i -й кабельной линии, мкФ (приводится в справочной литературе); l_i – длина i -й кабельной линии, км; n – количество кабельных линий, подключенных к одной из секций шин.

Зная ток короткого замыкания на шинах 10 кВ, можно найти сопротивление системы:

$$I_{кз} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot x_c}, \text{ кА} \Rightarrow x_c = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot I_{кз}} = \omega \cdot L, \text{ Ом}. \quad (2)$$

Сопротивление заземляющего резистора находится по выражению

$$R_N = \frac{1}{900 \cdot C_0}, \text{ Ом}, \quad (3)$$

где C_0 – емкость между фазами и землей для одной из секций шин, вычисленная по выражению (1), Ф.

Исследование перенапряжений в сетях 10 кВ при различном заземлении нейтрали и физическое моделирование таких сетей было проведено с помощью программного пакета Electronics Workbench.

По формулам (1)–(3) были рассчитаны параметры сети. Сопротивление резистора составило 477 Ом.

На рис. 2, 3 представлены осциллограммы напряжений при различном способе заземления нейтрали при замыкании на землю фазы С.

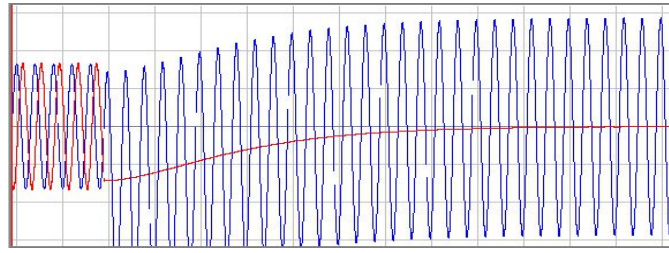


Рис. 2. Осциллограмма напряжений сети с изолированной нейтралью

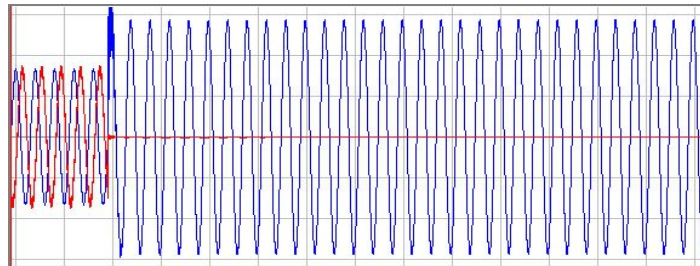


Рис. 3. Осциллограмма напряжений при заземлении нейтрали через резистор

В ходе выполнения опыта получены следующие коэффициенты перенапряжения:

$$k_{\text{пер.изол}} = \frac{U_{\text{max}}}{U_{\text{max раб}}} = \frac{21,47}{8,55} = 2,5; \quad (4)$$

$$k_{\text{пер.рез}} = \frac{U_{\text{max}}}{U_{\text{max раб}}} = \frac{17,87}{8,5} = 2,1. \quad (5)$$

Отсюда, вывод: коэффициент перенапряжений при различном способе заземления нейтрали изменяется незначительно. Однако, как видно из формул (4) и (5), при резистивном заземлении нейтрали скачок напряжения в аварийном режиме значительно ниже, что, в свою очередь, снижает вероятность выхода из строя электрооборудования и его изоляции. Также из рис. 2 и 3 видно, что при резистивном заземлении нейтрали переходной процесс практически не наблюдается, происходит быстро, что также положительно влияет на работу сети.

Литература

1. СТП 09110.20.187–09. Методические указания по заземлению нейтрали сетей 6–35 кВ Белорусской энергосистемы через резистор. – ГПО Белэнерго : Минск, 2010. – 75 с.
2. Евминов, Л. И. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения : практикум по одному дисциплине для студентов специальностей 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)» и 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» днев. и заоч. форм обучения / Л. И. Евминов, А. О. Добродей. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2011. – 104 с.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕКУПЕРАЦИИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА УХОДЯЩИХ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ В КОНДЕНСАЦИОННОМ ТЕПЛОУТИЛИЗАТОРЕ

В. П. Никитенко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. В. Овсянник

Цель работы: исследование перспектив внедрения конденсационных теплоутилизаторов для утилизации низкопотенциального тепла уходящих дымовых газов.

Одним из достаточно эффективных путей решения проблемы энергосбережения является глубокая утилизация теплоты уходящих газов в котлоагрегатах путем их охлаждения до температур, лежащих ниже точки росы, т. е. применение теплотехнологии с конденсацией водяных паров из продуктов сгорания топлива [2].

В настоящее время температуру уходящих дымовых газов за котлом принимают не ниже 120–130 °С по двум причинам: для исключения конденсации водяных паров на боровых, газоходах и дымовых трубах; для увеличения естественной тяги, снижающей напор дымососа. При этом температура уходящих дымовых газов непосредственно влияет на значение потерь тепла с уходящими газами.

Конденсационный теплоутилизатор позволяет охлаждать продукты сгорания ниже точки росы и дополнительно использовать скрытую теплоту конденсации содержащихся в продуктах сгорания водяных паров.

Все известные теплоутилизаторы можно разделить на контактные, поверхностные, а также устройства с промежуточным теплоносителем. Поверхностные теплоутилизаторы – это традиционные калориферы, которые размещаются непосредственно в газоходе после котлоагрегата и имеют серьезные недостатки, ограничивающие их применение. Аппараты с жидким промежуточным теплоносителем (обычно это вода) получили название контактных теплообменников с активной насадкой (КТАН) [1].

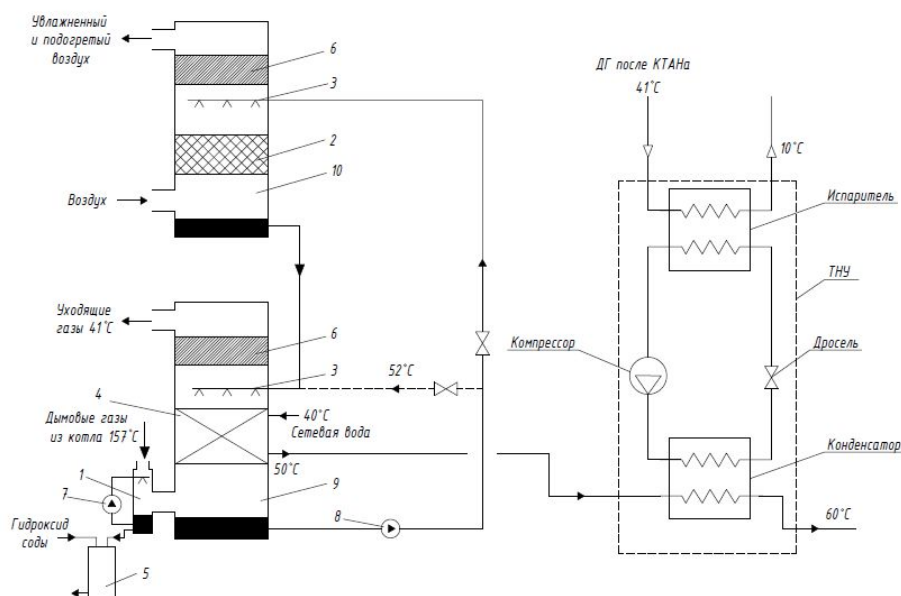


Рис. 1. Схема КТАНа с увлажнителем воздуха и теплонасосной установкой

В данной работе предлагается применение схемы утилизации тепла дымовых газов с использованием конденсационного теплоутилизатора, увлажнителя воздуха и теплового насоса. Данная схема включает в себя преимущества теплоутилизаторов с активными насадками и вместе с тем позволяет избежать ее недостатков. Главный недостаток – это наличие верхней «вредной» зоны установки, где холодная вода, орошающая змеевик, внутри которой течет нагреваемая вода, с температурой близкой к максимальной, не нагревает, а наоборот охлаждает ее, а также низкая температура нагрева теплоносителя, равная температуре мокрого термометра. С помощью данной схемы становится возможным максимальное использование теплоты от конденсации водяных паров и возможность работы с более высокой температурой обратной сетевой воды.

Предварительное увлажнение воздуха, подаваемого на горение, обеспечивает следующие положительные эффекты: за счет большого объема водяных паров в дымовых газах увеличивается температура точки росы, что позволяет повысить температуру воды на выходе из конденсационного теплоутилизатора; значительное содержание водяных паров в воздухе, поступающем в топку котлоагрегата, приводит к снижению температуры горения и к уменьшению выбросов оксидов азота на 40–60 % [3].

Конструктивно увлажнитель похож на конденсационный теплоутилизатор, однако процессы, протекающие в нем, имеют противоположную направленность: вместо охлаждения газов и конденсации водяных паров происходят подогрев и увлажнение воздуха.

Принцип работы теплового насоса заключается в преобразовании тепловой энергии низкого температурного уровня в тепловую энергию более высокого потенциала, необходимого потребителю [4].

Рассмотрим принцип работы схемы, приведенной на рис. 1.

Дымовые газы после котлоагрегата поступают в предварительный охладитель 1, в котором происходит быстрое снижение их температуры при контакте с водой, подаваемой насосом 7 через форсунки. Далее частично охлажденные дымовые газы, насыщенные дополнительными водяными парами, поступают в основную колонну установки и проходя через рассекатель, который обеспечивает разбиение подаваемой сверху воды на мелкие капли, что необходимо для получения максимальной площади поверхности контакта. Это позволяет существенно интенсифицировать охлаждение продуктов сгорания и конденсацию содержащихся в них водяных паров. Далее продукты сгорания проходят через жалюзийный сепаратор 6 и направляются в дымовую трубу. Подогретая вода собирается в нижней части колонны конденсационного теплоутилизатора и насосом 8, разделившись на 2 потока, подается в конденсационный теплоутилизатор и увлажнитель. Воздух, поступающий в увлажнитель, проходит через рассекатель 2, в котором происходит его подогрев за счет контакта с каплями воды, подаваемой через распылитель 3. Часть влаги при этом испаряется, а оставшаяся ее часть собирается в низу увлажнителя. За счет охлаждения воды воздухом и частичного испарения температура ее снижается. Далее эта вода подается в конденсационный теплоутилизатор на распылитель 3. Так как в этом случае температура воды, поступающей в конденсационный теплоутилизатор, будет ниже, чем была бы при отсутствии увлажнителя, то температура дымовых газов за установкой снижается и эффективность рекуперации тепла увеличивается. Подогретый воздух проходит через жалюзийный сепаратор 6 и подается в котел. Так как за счет конденсации части содержащихся в дымовых газах водяных паров объем воды постоянно увеличивается, ее излишек сливается из охладителя в накопительный бак 5. Ввиду того что из-за растворения в воде диоксида углерода, содержащегося в дымовых газах, кислотность ее по-

вышается, в баке 5 осуществляется химическая нейтрализация гидроксидом соды, после чего вода сливается в канализацию. Сетевая вода с температурой 50 °С поступает в конденсатор теплового насоса, где нагревается до 60 °С. Уходящие дымовые газы после конденсационного теплоутилизатора с температурой 41 °С поступают в испаритель теплового насоса, где охлаждаются до 32,8 °С.

Технико-экономические показатели проекта конденсационного теплоутилизатора, увлажнителя воздуха и теплонасосной установки приведены в таблице.

Технико-экономические показатели проекта конденсационного теплоутилизатора, увлажнителя воздуха и теплонасосной установки

Наименование показателя	Единицы измерения	Значение
Установленная мощность установки конденсационного теплоутилизатора, увлажнителя и теплового насоса, $N_{уст}$	МВт	11,5
Число часов работы установленной мощности, $T_{год}$	ч	865
Годовая выработка тепловой энергии, $Q_{год}$	ГДж/год	34939
Экономия условного топлива на отпуск тепловой энергии в натуральном выражении, $\Delta B_{год}$	т у. т./год	1294,82
Экономия топлива на отпуск тепловой энергии в натуральном выражении, $\Delta B_{год}$	тыс. м ³ /год	1052,23
Экономия условного топлива на отпуск электроэнергии в стоимостном выражении, S_r	тыс. р./год	356233,94
Капиталовложения в проект, $K_{рек}$	р.	417750
Нормативный срок службы проекта, $T_{сл}$	лет	20
Срок окупаемости проекта, $T_{ок}$	лет	1,5

Таким образом, использование схемы конденсационного теплоутилизатора, увлажнителя воздуха и теплонасосной установки для утилизации теплоты дымовых газов на пиковой водогрейной котельной позволит сэкономить 1294,82 т у. т. в год, что составит 155,98 г у. т. на 1 Гкал.

Применение данной схемы обеспечит: глубокую утилизацию теплоты дымовых газов котельного агрегата и тем самым уменьшение теплового загрязнения окружающей среды. Предварительное увлажнение воздуха, подаваемого на горение, позволяет снизить выбросы оксида азота.

Литература

1. Кудинов, А. А. Энергосбережение в теплогенерирующих установках / А. А. Кудинов. – Ульяновск : УлГТУ, 2000.
2. Тепломассообменные аппараты и установки промышленных предприятий : учеб. пособие / под. ред. Б. А. Левченко. – Харьков : ХДПУ. – 1999. – 4.1. – С. 271.
3. Влияние конденсационного теплоутилизатора на работу паровых и водогрейных газовых котлов / И. Л. Росляков [и др.] // Теплоэнергетика, 2015. – № 5. – С. 44–50.
4. Поляков, В. В. Насосы и вентиляторы : учеб. для вузов. / В. В. Поляков, Л. С. Скворцов. – М. : Стройиздат, 1990. – 336 с.

ЭКОНОМИЧЕСКИ ОБОСНОВАННЫЙ УРОВЕНЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ЭНЕРГОСИСТЕМ

М. И. Фурсанов, Д. А. Секацкий

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Научный руководитель М. И. Фурсанов

В Республике Беларусь установлена персональная ответственность руководителей энергоснабжающих организаций и их структурных подразделений за обоснованность, качество исполнения и своевременное предоставление нормативов технологического расхода (потерь) электроэнергии на всех уровнях электрических сетей [1].

Конечное предназначение расчета и анализа электрических сетей и систем заключается в проведении оценки технической допустимости и экономической целесообразности решений, определяющих пропускную способность электрической сети.

При определенном сочетании параметров электрических сетей (типы и номинальные мощности трансформаторов, марки и сечения проводов, длины ЛЭП и т. д.) и электрических нагрузок существует некоторый, теоретически возможный минимум технологического расхода электрической энергии. Он соответствует исключительно идеальным условиям эксплуатации электрических сетей, когда имеется совершенно полная и достоверная отчетная топологическая и режимная информация, выбор управляющих воздействий (оптимизация режимов вместе с разработкой мероприятий по снижению потерь) осуществляется математически точной оптимизацией решений, а реализация управления электрическими сетями также не содержит каких-либо искажений.

Общеизвестно, что потери активной мощности в звене сети от протекания тока нагрузки определяются по выражению

$$\Delta P = \frac{P^2 R}{U^2 \cos^2 \varphi},$$

или в процентах:

$$\Delta P \% = \frac{PR}{U^2 \cos^2 \varphi} 100 \%,$$

откуда наибольшая передаваемая мощность $P_{нб}$:

$$P_{нб} = \frac{\Delta P_g \% U^2 \cos^2 \varphi}{R 10^2}, \quad (1)$$

где $\Delta P_g \%$ – допустимые потери мощности по условиям допустимого нагревания проводников.

Рассуждая подобным образом, запишем значение передаваемой мощности в функции допустимых потерь энергии ΔW_g :

$$P_{\max} = \frac{\Delta W_g \% U^2 \cos^2 \varphi T_{\max}}{R 10^2 \tau}. \quad (2)$$

Из формул (1), (2) следует, что на пропускную способность элемента сети наибольшее влияние оказывают номинальное напряжение, уровень напряжения и характер нагрузки. Несколько меньше влияют сечение провода, конфигурация графика нагрузки ($T_{\text{ма}}$) и другие параметры.

Показатели, входящие в выражения (1), (2), определяют пропускную способность сети, являются ее режимными параметрами. Покажем, что для каждого из этих режимных параметров можно найти соответствующее ему экономическое значение.

Стоимость передачи электроэнергии $C_{\text{п}}$ в общем виде состоит из двух составляющих:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{пс}} + C_{\text{пл}},$$

где $C_{\text{пс}}$ и $C_{\text{пл}}$ – соответственно, подстанционная и линейная составляющие стоимости.

Для изложения принципа нахождения экономических значений режимных параметров исследуем их. На основе исследований Г. Е. Поспелова и М. И. Фурсанова [2]–[4], можно записать, что:

$$C_{\text{пл}} = \frac{p_{\text{л}} K_{\text{л}}}{P_{\text{макс}} T_{\text{ма}}} + \frac{\Delta W_{\text{кор}} \beta_{\text{кор}}}{P_{\text{макс}} T_{\text{ма}}} + \frac{\Delta W_{\text{н}} \beta_{\text{н}}}{P_{\text{макс}} T_{\text{ма}}} = \frac{p_{\text{л}} K_{\text{л}}}{P_{\text{макс}} T_{\text{ма}}} + \frac{\Delta P_{\text{кор}} T \beta_{\text{кор}}}{P_{\text{макс}} T_{\text{ма}}} + \frac{\Delta P_{\text{н}} \tau \beta_{\text{н}}}{U^2 \cos^2 \varphi T_{\text{ма}}} = \frac{p_{\text{л}} K_{\text{л}}}{P_{\text{макс}} T_{\text{ма}}} + \frac{\Delta P_{\text{кор}} T \beta_{\text{кор}}}{P_{\text{макс}} T_{\text{ма}}} + \frac{P_{\text{макс}} r_{\text{л}} \tau \beta_{\text{н}}}{U^2 \cos^2 \varphi T_{\text{ма}}}, \quad (3)$$

а $C_{\text{пс}}$ по аналогии с (3) подстанционная составляющая будет равна:

$$C_{\text{пс}} = \frac{p_{\text{т}} K_{\text{т}}}{P_{\text{макс}} T_{\text{ма}}} + \frac{\Delta W_0 \beta_0}{P_{\text{макс}} T_{\text{ма}}} + \frac{\Delta W_{\text{нт}} \beta_{\text{т}}}{P_{\text{макс}} T_{\text{ма}}}, \quad (4)$$

где $p_{\text{л}}$ – суммарный коэффициент отчислений от стоимости линии $K_{\text{л}}$; $\Delta W_{\text{кор}}$ – потери электроэнергии на корону; $\beta_{\text{кор}}$ – стоимость 1 кВт · ч $\Delta W_{\text{кор}}$; $\Delta W_{\text{н}}$ – нагрузочные потери электроэнергии; $\beta_{\text{н}}$ – стоимость 1 кВт · ч $\Delta W_{\text{н}}$; $\Delta P_{\text{кор}}$ – потери мощности на корону; $p_{\text{т}}$ – суммарный коэффициент отчислений от стоимости трансформаторов $K_{\text{т}}$; ΔW_0 – потери электроэнергии холостого хода; β_0 – стоимость 1 кВт · ч ΔW_0 ; $\Delta W_{\text{нт}}$ – нагрузочные потери электроэнергии в трансформаторах; $\beta_{\text{т}}$ – стоимость 1 кВт · ч $\Delta W_{\text{нт}}$; ΔP_0 – потери мощности холостого хода.

Имея в виду, что:

$$\Delta P_{\text{н}} = \frac{P_{\text{макс}}^2 r_{\text{л}}}{U^2 \cos^2 \varphi}; \quad (5)$$

$$\Delta P_{\text{н}} \% = \frac{P_{\text{макс}} r_{\text{л}} 10^2}{U^2 \cos^2 \varphi}; \quad (6)$$

$$P_{\text{макс}} = \frac{\Delta P_{\text{н}} \% U^2 \cos^2 \varphi}{r_{\text{л}} 10^2}; \quad (7)$$

$$W = P_{\text{макс}} T_{\text{ма}}; \quad (8)$$

$$\Delta W_{\text{н}} = \frac{P_{\text{макс}}^2 r_{\text{л}} \tau}{U^2 \cos^2 \varphi}; \quad (9)$$

$$\Delta W_{\text{н}} \% = \frac{P_{\text{макс}} r_{\text{л}} 10^2}{U^2 \cos^2 \varphi} \cdot \frac{\tau}{T_{\text{ма}}}, \quad (10)$$

для линейной составляющей $C_{\text{пл}}$ получим выражение

$$C_{\text{пл}} = \frac{p_{\text{л}} K_{\text{л}} + \Delta P_{\text{кор}} T \beta_{\text{кор}}}{\Delta P_{\text{н}} \% \frac{U^2 \cos^2 \varphi}{r_{\text{л}} 10^2} T_{\text{ма}}} + \frac{\Delta P_{\text{н}} \% \tau \beta_{\text{н}}}{T_{\text{ма}} 10^2} = \frac{(p_{\text{л}} K_0 l + \Delta P_{\text{кор}} T \beta_{\text{кор}}) r_0 l 10^2}{\Delta P_{\text{н}} \% U^2 \cos^2 \varphi T_{\text{ма}}} + \frac{\Delta P_{\text{н}} \% \tau \beta_{\text{н}}}{T_{\text{ма}} 10^2} = \frac{\tau \beta_{\text{н}}}{T_{\text{ма}} 10^2} \left[\frac{(p_{\text{л}} K_0 l + \Delta P_{\text{кор}} T \beta_{\text{кор}}) r_0 l 10^4}{\tau \beta_{\text{н}} \Delta P_{\text{н}} \% U^2 \cos^2 \varphi} + \Delta P_{\text{н}} \% \right], \quad (11)$$

для подстанционной составляющей $C_{\text{пс}}$, соответственно:

$$C_{\text{пс}} = \frac{\tau_{\text{т}} \beta_{\text{т}}}{T_{\text{ма}} 10^2} \left[\frac{(p_{\text{т}} K_{\text{т}} + \Delta P_0 T \beta_0) r_{\text{т}} 10^4}{\tau_{\text{т}} \beta_{\text{т}} \Delta P_{\text{нт}} \% U_{\text{т}}^2 \cos_{\text{т}}^2 \varphi} + \Delta P_{\text{нт}} \% \right], \quad (12)$$

где K_0 – стоимость одного километра линии длиной l ; r_0 – удельное сопротивление провода; $K_{\text{т}}$ – стоимость одного трансформатора; $r_{\text{т}}$ – активное сопротивление трансформатора.

Зависимости (11) и (12) имеют минимум. Поэтому из условий $\frac{\partial C_{\text{пл}}}{\partial \Delta P_{\text{н}} \%} = 0$

и $\frac{\partial C_{\text{пс}}}{\partial \Delta P_{\text{нт}} \%} = 0$ найдем экономические потери мощности в линии и трансформаторе в максимальном режиме, соответствующие минимуму стоимости передачи электроэнергии.

Для линии можно записать:

$$\frac{\partial C_{\text{пл}}}{\partial \Delta P_{\text{н}} \%} = \frac{\tau \beta_{\text{н}}}{T_{\text{ма}} 10^2} \left[- \frac{(p_{\text{л}} K_0 l + \Delta P_{\text{кор}} T \beta_{\text{кор}}) r_0 l 10^4}{\tau \beta_{\text{н}} \Delta P_{\text{н}} \%^2 U^2 \cos^2 \varphi} + 1 \right] = 0. \quad (13)$$

Из (13) видно, что

$$\tau\beta_n \Delta P_n \%^2 U^2 \cos^2 \varphi = (p_l K_0 l + \Delta P_{\text{кор}} T \beta_{\text{кор}}) r_0 l 10^4,$$

откуда искомое значение $\Delta P_{\text{кор}} \%$ (с учетом потерь на корону $\Delta P_{\text{кор}}$) будет равно:

$$\Delta P_{\text{эл}} \% = \frac{10^2}{U \cos \varphi} \sqrt{\frac{(p_l K_0 l + \Delta P_{\text{кор}} T \beta_{\text{кор}}) r_0 l}{\tau \beta}}. \quad (14)$$

Для трансформатора значение $\Delta P_{\text{эт}} \%$ будет равно:

$$\Delta P_{\text{эт}} \% = \frac{10^2}{U_T \cos \varphi_T} \sqrt{\frac{(p_T K_T + \Delta P_0 T \beta_0) r_T}{\tau_T \beta_T}}, \quad (15)$$

или без учета потерь холостого хода ΔP_0 :

$$\Delta P_{\text{эт}} \% = \frac{10^2}{U_T \cos \varphi_T} \sqrt{\frac{p_T K_T r_T}{\tau_T \beta_T}}. \quad (16)$$

Получены аналитические соотношения по расчету экономически обоснованных уровней потерь электроэнергии в сетях энергосистем, которые требуют уточнения и дальнейшей проверки с учетом инструментальных погрешностей, а также в связи с влиянием на расчет атмосферной составляющей.

Литература

1. Положение по нормированию расхода топливно-энергетических ресурсов на предприятиях, в учреждениях и организациях государственного производственного объединения ГПО «Белэнерго» Инструкции по расчету и обоснованию нормативов расхода электроэнергии на ее передачу по электрическим сетям : постановление от 16.12.13 г. № 48 (в ред. постановления от 05.07.17 г. № 23).
2. Поспелов, Г. Е. Элементы технико-экономических расчетов систем электропередач / Г. Е. Поспелов. – Высш. шк., 1967. – 311 с.
3. Фурсанов, М. И. Определение и анализ потерь электроэнергии в электрических сетях энергосистем / М. И. Фурсанов. – Минск : УВИЦ при УП «Белэнерго-сбережение» 2005. – 208 с.
4. Фурсанов, М. И. Методология и практика расчетов потерь электроэнергии в электрических сетях энергосистем / М. И. Фурсанов. – Минск : Технология, 2001. – 247 с.

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ГОРЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ЖИДКОСТЕЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

А. П. Сологубов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель И. И. Злотников

В ранее проведенных исследованиях автором данной работы было изучено влияние электростатического поля на процесс горения бензина [1]. Проведенные эксперименты показали, что в зависимости от направления электрического поля характер горения принципиально изменяется. В частности, было установлено, что при наложении

на пламя электростатического поля, направленного вертикально вверх, полнота сгорания бензина приближается к 100 %, что проявляется в полном исчезновении копоти, характерной для бензина, горящего без поля. Если направление поля поменять на обратное, то факел пламени резко расширяется и переходит от ламинарного к турбулентному, что приводит к неполному сгоранию бензина и образованию копоти.

Сложное влияние электрического поля на процесс горения было объяснено протеканием и взаимодействием трех основных процессов:

- движение электронов в направлении положительного полюса;
- движение положительных ионов в направлении положительного полюса;
- конвекционный поток раскаленных газов пламени, всегда направленный вверх.

При этом влияние потоков отрицательных и положительных частиц на процесс горения неодинаков, так как легкие электроны характеризуются во много раз большей подвижностью в электрическом поле, чем тяжелые положительные ионы.

Цель данной работы – дальнейшее экспериментальное изучение динамики горения бензина и этилового спирта в электрическом поле, а также количественное определение зависимости скорости горения этих жидкостей от направления и величины электростатического поля.

В качестве источника напряжения использовали аппарат для аэроионизации воздуха АФ-3, который позволяет получать выходное напряжение до 50 кВ. Воздействие электрического поля на процесс горения изучали на специальном стенде, основная часть которого представляет собой две плоскопараллельные горизонтальные пластины, между которыми создавалось электростатическое поле и располагалась кювета с горящей жидкостью [1]. В качестве основной количественной характеристики процесса горения использовали массовую скорость горения (выгорания) [2], методика определения которой заключалась в следующем. Исследуемые жидкости заливали в металлическую емкость в количестве 5 мл, взвешивали, помещали на испытательный стенд, поджигали и включали электрическое поле заданной величины и направления. Процесс горения продолжался 5 мин, после чего поле отключали, пламя гасили и взвешивали емкость с остатками жидкости. Массовую скорость горения U_m рассчитывали по формуле:

$$U_m = \frac{m}{t \cdot S},$$

где m – масса сгоревшей жидкости, г; t – время горения, с; S – площадь поверхности горения, м².

На рис. 1 показано влияние величины и направления электрического поля на скорость горения этилового спирта. Как видно из рис. 1, если электрическое поле направлено вниз, то оно почти не влияет на скорость горения (кривая 1). Это вероятно связано с тем, что поток положительных ионов направлен вниз, а конвекционный поток – вверх. Потоки компенсируют друг друга, и время нахождения ионов в зоне горения практически не меняется; соответственно, не меняется и скорость их окисления, т. е. скорость горения.

В противоположном случае (кривая 2) поток ионов и конвекционный поток направлены вверх. Потоки складываются, продукты горения быстрее уносятся из зоны горения, на их место поступает новое вещество, и скорость сгорания увеличивается более чем в 2 раза.

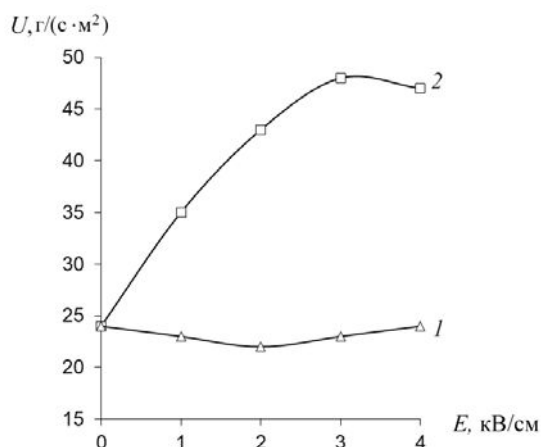


Рис. 1. Зависимость скорости горения U спирта от величины напряженности электрического поля E :
1 – отрицательный полюс снизу; 2 – отрицательный полюс сверху

На рис. 2 показано влияние величины и направления электрического поля на скорость горения бензина.

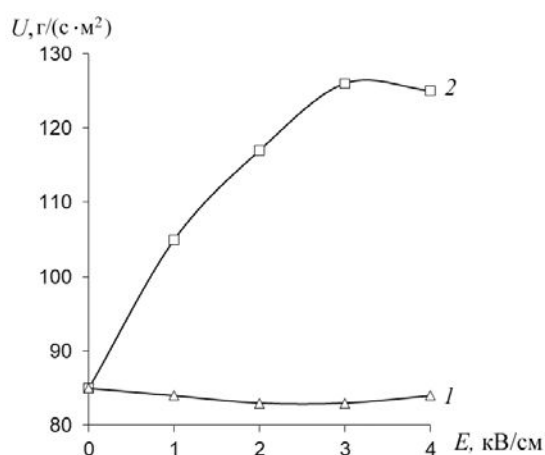


Рис. 2. Зависимость скорости горения U бензина от величины напряженности электрического поля E :
1 – отрицательный полюс снизу; 2 – отрицательный полюс сверху

Как видно из рис. 2, влияние величины и направления электрического поля на горение бензина аналогично влиянию на процесс горения спирта. Если электрическое поле направлено вверх, то скорость горения увеличивается примерно на 50 %.

Кроме вышеописанного механизма влияния электрического поля на процесс горения, нужно отметить следующее. Эксперименты показали, что, если электростатическое поле направлено вверх, то оно способствует ускорению испарения ионизирующихся молекул жидкости, что также способствует возрастанию скорости горения; в противоположном случае поле прижимает испаряющиеся молекулы обратно вниз, что может даже немного замедлить процесс горения.

Также было изучено влияние горизонтального электростатического поля на динамику горения исследуемых жидкостей. В горизонтальном электрическом поле пламя разделяется на два несимметричных факела, что и следовало ожидать, так как электроны и положительные ионы притягиваются в разные стороны. Количественные результаты опытов приведены на рис. 3.

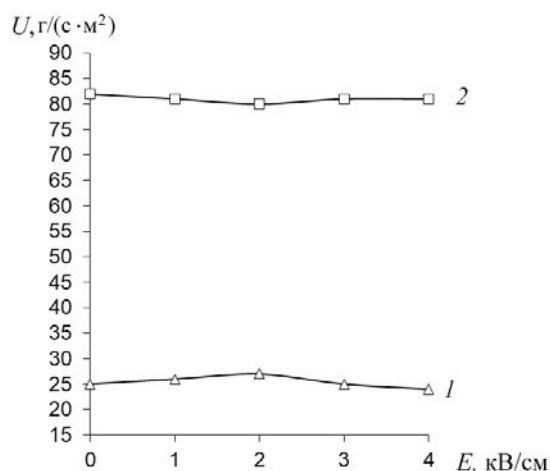


Рис. 3. Зависимость скорости горения U бензина и спирта от величины напряженности E горизонтального электрического поля; отрицательный полюс слева

Как видно из рис. 3, если электрическое поле направлено горизонтально, то оно практически не влияет на скорость горения обеих жидкостей. Однако было обнаружено, что копоть в разделенном факеле при горении бензина почти полностью исчезает, что свидетельствует о большей полноте сгорания. Отсутствие влияния горизонтального поля на процесс горения можно объяснить тем, что поток электронов, положительных ионов и конвекционный поток направлены в разные стороны, и конкурирующие процессы, протекающие в пламени, не влияют друг на друга. Также горизонтальное поле не влияет на скорость испарения молекул жидкостей. Однако во всех случаях наличие сильного электрического поля вызывает протекание электрического тока в плазме пламени, что, в свою очередь, вызывает дополнительное тепловыделение согласно закону Джоуля–Ленца $w = \sigma E^2$, где w – количество теплоты, выделяющейся в единице объема пламени за 1 с; σ – проводимость. Это повышает температуру пламени и, соответственно, полноту сгорания топлива.

Проведенные эксперименты показали, что электрическое поле оказывает значительное влияние на динамику процесса горения, в частности, электростатическое поле, направленное в сторону конвекционного потока, значительно увеличивает скорость и полноту сгорания и способствует повышению эффективности и экологической чистоты процесса горения.

Литература

1. Сологубов, А. П. Изучение влияния электрического поля на процессы горения / А. П. Сологубов // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XVII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 27–28 апр. 2017 г. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2017. – С. 256–259.
2. ГОСТ 12.1.044–89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. – М. : Стандартинформ, 2006. – 99 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

М. Д. Геращенко

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Т. В. Алферова

Республика Беларусь, также как Швейцария, Дания и Япония, относится к числу государств, не имеющих в достаточном количестве собственных топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). Однако опыт этих стран показывает, что экономика может динамично развиваться за счет эффективного использования ТЭР, проведения энергосберегающих мероприятий, освоения передовых энергоэффективных технологий, снижения издержек производства [1].

Республика Беларусь не располагает достаточными природными топливно-энергетическими ресурсами и вынуждена закупать около 80 % потребляемых ТЭР. Это делает экономику зависимой от внешних поставщиков и уязвимой по отношению к резким колебаниям цен на энергоресурсы.

В современных условиях режим экономии диктуется не только недостатком собственных ТЭР в топливно-энергетическом балансе Республики, но и необходимостью снижения себестоимости производимой продукции и повышения ее конкурентоспособности на мировом рынке. Эффективность энергоиспользования характеризуется показателем энергоемкости, а это значит, что финансовые средства должны направляться не на закупку дополнительных объемов топлива, а на внедрение современных технических решений и технологий, позволяющих при меньших затратах получить больше продукции с меньшей себестоимостью, что улучшит состояние экономики нашей страны.

В настоящее время пятая часть энергии, произведенной в Республике, расходуется на освещение, причем основная доля приходится на уличное, промышленное и освещение торгово-производственных площадей. Такие большие затраты энергии на эти цели связаны, в первую очередь, с применением устаревших источников света. Следует отметить, что эти расходы сегодня не являются неизбежными, поскольку прогресс в создании новых высокоэффективных источников света дает возможность кардинального решения проблемы [2].

Современное наружное освещение должно отвечать пяти основным критериям [3]:

– первый критерий концепции – видимость, т. е. обеспечение нормальных зрительных условий для водителей и пешеходов, а также оптимальные количественные и качественные параметры освещения, которые регламентируются действующими нормами;

– второй критерий – безопасность. Количество дорожно-транспортных происшествий и противоправных действий значительно снижается при хорошем освещении города, причем затраты несопоставимо малы по сравнению с выгодой. На сегодняшний день качество освещения населения городов напрямую связывают с уровнем личной безопасности;

– третий критерий – эстетика. Общество ждет от освещения не только выполнения прямых функциональных задач, но и удовлетворения эстетической потребности в прекрасном. Ввиду обилия средств освещения и многообразия объектов проблемы в данном случае не существует. Однако эстетика должна быть экономичной и целесообразной;

– четвертый критерий – экономика – иногда является решающим фактором для заказчика. Необходимо учитывать, что кроме капитальных затрат существуют также затраты на эксплуатацию и ремонт, которые могут сделать проект невыгодным;

– последний пятый критерий – общественная функция освещения. Понятие гармоничной световой среды предполагает создание благоприятного психологического климата, оказывающего положительное влияние на реализацию общественных функций, и является предпосылкой для оживления городской жизни.

Для наружного освещения производственных площадей могут применяться дуговые ртутные лампы (ДРЛ, ДНаТ). По сравнению с лампами накаливания они позволяют экономить до 55 % электроэнергии. Еще более ощутимую экономию позволяет получить использование светодиодного освещения.

К основным преимуществам светодиодов можно отнести [4]: срок службы современных светодиодов составляет до 100 000 ч, что эквивалентно 25 годам эксплуатации при 10-часовой работе в день; экономичное использование электроэнергии по сравнению с традиционными источниками света; световая отдача достигает 120 лм/Вт; полная экологическая безопасность, позволяющая сохранять окружающую среду, и отсутствие специальных условий по утилизации; высокая надежность, механическая прочность, виброустойчивость; возможность получения различных спектральных характеристик, в том числе спектрально чистых цветов, без потери в световых фильтрах; отсутствие ультрафиолетового излучения и малое инфракрасное излучение; отсутствие мерцания (стробоскопического эффекта).

Основным недостатком является их высокая цена и необходимость специальной системы охлаждения; кроме того, для сверхмощных светодиодов приходится применять радиаторы, которые зачастую значительно увеличивают габаритные размеры осветительной установки.

В качестве примера выполним расчет экономической эффективности применения светодиодов.

Для освещения наружной территории филиала ОАО «Гомельский комбинат хлебопродуктов» используются 5 светильников РКУ-150 с лампами ДРЛ-150. С целью экономии электроэнергии выполним замену существующих светильников на современные энергоэкономичные светодиодные Sveteco-48.

Светильники Sveteco-48 предназначены для освещения улиц, дорог, площадей, дворов, складов, производств, освещения железнодорожных платформ. Потребляемая мощность от сети переменного тока – 220 В – 75 Вт. Являются заменой светильников с использованием ртутных ламп ДРЛ-150, ДРЛ-250. Незаменимы в местах, где требуется экономия электроэнергии и очень высокая надежность.

У светильников Sveteco-48 отсутствует стробоскопический эффект, сила света не меняется во всем диапазоне питающих напряжений. Время выхода на режим составляет 1 с.

Годовое потребление электроэнергии осветительными установками (оптическими приборами) рассчитывается по формуле

$$\Delta W_{\text{оп}} = \sum [N \cdot K_c \cdot (P_{\text{уст.пр}}^{\text{сущ}} \cdot K_{\text{пр}} - P_{\text{уст.пр}}^{\text{зам}})] T_{\text{пр}},$$

где N – количество осветительных приборов, шт; K_c – коэффициент спроса осветительных приборов, 0,85; $P_{\text{уст.пр}}^{\text{сущ}}$ – мощность лампы существующего светильника, Вт; $K_{\text{пр}}$ – коэффициент потерь в пуско-регулирующей аппаратуре; $P_{\text{уст.пр}}^{\text{зам}}$ – мощность

ламп предлагаемых для замены светильников, Вт; $T_{пр}$ – годовое время использования освещения, 3500 ч.

Годовая экономия электроэнергии при замене светильников составит:

$$\Delta W = (5 \cdot 0.85(150 \cdot 1,1 - 75 \cdot 1))3500 \cdot 10^{-6} = 1,4 \text{ тыс. кВт} \cdot \text{ч/год или } 0,36 \text{ т у. т./год.}$$

Стоимость светильников Sveteco-48 составляет 19,4 бел. р. за штуку.

Стоимость строительно-монтажных работ принимаем как 25 % от стоимости оборудования:

$$C_{с.м.р} = 0,25 \cdot 19,4 = 4,85 \text{ р.}$$

Стоимость проектных работ принимаем как 10 % от стоимости строительно-монтажных работ:

$$C_{п} = 0,1 \cdot 4,85 = 0,48 \text{ р.}$$

Стоимость пуско-наладочных работ принимаем как 3 % от стоимости оборудования:

$$C_{ппр} = 0,03 \cdot 19,4 = 0,58 \text{ р.}$$

Капиталовложения в мероприятие определяем по формуле

$$K_{о.п} = C_{об} + 0,1C_{с.м.р} + 0,25C_{об} + 0,03C_{об};$$

$$K_{о.п} = 19,4 + 0,1 \cdot 4,85 + 0,25 \cdot 19,4 + 0,03 \cdot 19,4 = 25,31 \text{ р.}$$

Для пяти светильников:

$$K_{о.п5} = 25,31 \cdot 5 = 126,55 \text{ р.}$$

Годовая экономия электроэнергии от реализации данного мероприятия составила 1,4 тыс. кВт · ч/год. По данным отдела главного энергетика филиала ОАО «Гомельский комбинат хлебопродуктов», стоимость 1 кВт · ч электроэнергии составляет 0,26 р./кВт · ч, тогда годовая экономия электроэнергии в стоимостном выражении составляет:

$$C_{\Delta W} = 1400 \cdot 0,26 = 364 \text{ р./год.}$$

Срок окупаемости:

$$C_{рок} = K_{о.п5} / C_{\Delta W} = 126,55 / 364 = 0,3 \text{ года.}$$

Литература

1. Шенец, Л. В. Эффективность и ресурсоснабжение – основные факторы устойчивого развития экономики в современных условиях / Л. В. Шенец // Технологии, оборудование, качество: материалы 13-го Междунар. симп., Минск, 11–14 мая, 2010 г.

2. Фомин, Н. А. Безэлектродные источники света. Мечта о «Неугасимой лампаде» становится реальной / Н. А. Фомин, Д. В. Стахович // Энергия и менеджмент. – 2010. – Март–апрель. – С. 26–27.
3. Преимущества светодиодного освещения // Светодиодные светильники. Промышленное, светодиодное освещение. Уличные, офисные, промышленные светодиодные светильники для ЖКХ. Компания LEDEL – светотехника на светодиодах. – Режим доступа: <https://www.ledel.ru/menuleft/privilege/>. – Дата доступа: 16.10.2017.
4. Свицерская, О. В. Основы энергосбережения : курс лекций / О. В. Свицерская. – 4-е изд. – Минск : Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь, 2006.

ОЦЕНКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Д. С. Глоба

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Л. И. Евминов

Целью исследования является изучение воздействия электрического поля (ЭП) светодиодных и индукционных источников освещения для определения степени воздействия на человека, а также определение расстояния, на котором должны устанавливаться осветительные установки.

При длительном хроническом воздействии ЭП возможны субъективные расстройства в виде жалоб невротического характера: чувство тяжести и головная боль в височной и затылочной областях, ухудшение памяти, повышенная утомляемость, ощущение вялости, раздражительность, боли в области сердца, расстройства сна, угнетенное настроение, апатия, своеобразная депрессия с повышенной чувствительностью к яркому свету, резким звукам и другим раздражителям, проявляющиеся к концу рабочей смены. Расстройства в состоянии здоровья работающих, обусловленные функциональными нарушениями в деятельности нервной и сердечно-сосудистой систем астенического и астеновегетативного характера, являются одним из первых проявлений профессиональной патологии.

Допустимые уровни напряженности электрических полей установлены в Санитарно-эпидемиологических правилах и нормах СанПиН 2.2.4.1191–03, а также в постановлении Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 12 июня 2012 г. № 67 «Требования к обеспечению безопасности и безвредности воздействия на население электрических и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц».

Измерения электрического поля проводились при помощи измерителя ИЭП-05. Прибор предназначен для измерения напряженности переменных электрических полей, при аттестации рабочих мест по условиям труда, при производственном контроле, при гигиенической оценке безопасности производственного оборудования и бытовой техники, безопасности производственных зон и рабочих мест, селитебных территорий, жилых и производственных помещений. В качестве датчика переменного электрического поля использовалась дипольная антенна. Для определения вектора напряженности электрического поля в выбранной точке пространства нужно измерить три взаимно ортогональные составляющие этого вектора $E_{\text{инд } X}$, $E_{\text{инд } Y}$, $E_{\text{инд } Z}$. Установить антенну прибора так, чтобы ее измерительная ось совпала с одной из ортогональных осей координат X , Y , Z , а точка пересечения измерительной оси с осью симметрии антенны совпала с выбранной (измеряемой) точкой пространства. Счи-

таются измеренные значения $E_{\text{инд}(X,Y,Z)}$. Определяется значение вектора напряженности электрического поля $E_{\text{инд}}$ по формуле

$$E_{\text{инд}} = \sqrt{E_{\text{инд}X}^2 + E_{\text{инд}Y}^2 + E_{\text{инд}Z}^2}.$$

Объектами исследования напряженности электрического поля являются:

1. Индукционный промышленный светильник LVD 03-022 150 W.
2. Индукционный промышленный светильник ФСП4001И 200 Вт ИЕК.
3. Уличный светодиодный светильник ДКУ-64х2-001 У1 «Феникс».
4. Промышленный светодиодный светильник серии ДСП, 180 Вт (ИЕК).

Все измерения проводились при напряжении сети 220 В. По результатам измерений составлены зависимости напряженности электрического поля в зависимости от расстояния от корпуса светильника.

Графики зависимости напряженности электрического поля от расстояния поверхности светодиодного светильника ДКУ-64х2-001 У1 «Феникс» и серии ДСП, 180Вт (ИЕК) приведены на рис. 1, 2.

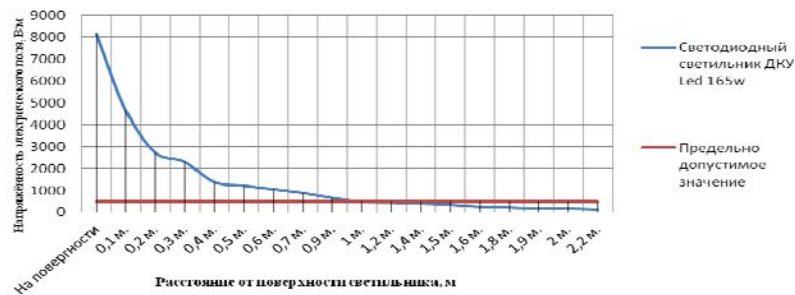


Рис. 1. График зависимости напряженности электрического поля от расстояния поверхности светодиодного светильника ДКУ-64х2-001 У1 «Феникс»

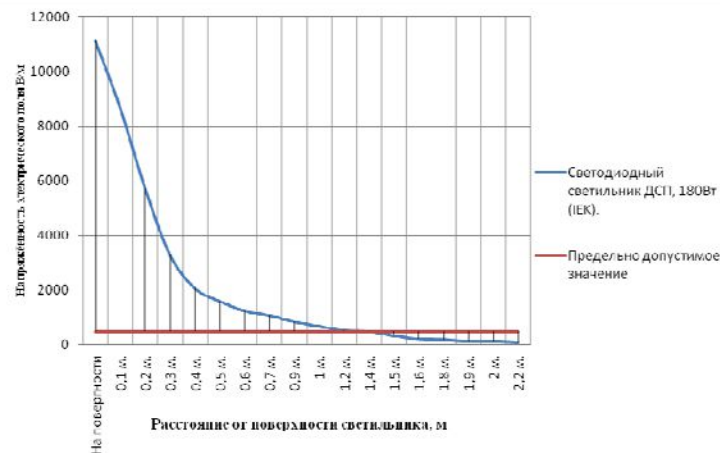


Рис. 2. График зависимости напряженности электрического поля от расстояния от поверхности светодиодного светильника серии ДСП, 180 Вт (ИЕК)

Из представленных зависимостей видно, что данные модели светодиодных светильников соответствуют требованиям санитарных норм на расстоянии одного метра от поверхности корпуса, следовательно, их можно применять в производственных помещениях на высоте от рабочей поверхности 3,5 м.

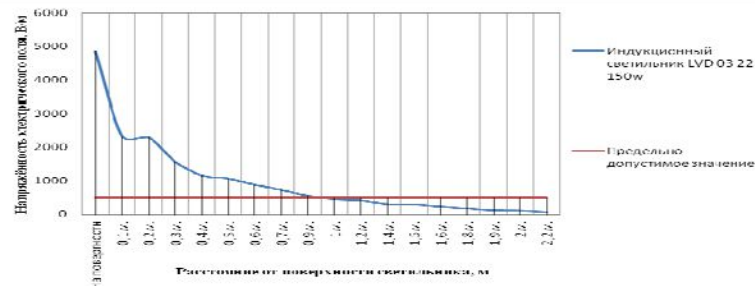


Рис. 3. График зависимости напряженности электрического поля от расстояния от поверхности индукционного промышленного светильника LVD 03-022 150 W

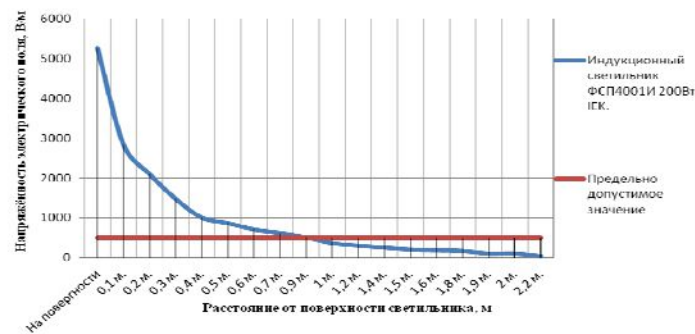


Рис. 4. График зависимости напряженности электрического поля от расстояния от поверхности индукционного промышленного светильника ФСП4001И 200Вт ИЕК

Таким образом, исследования в области напряженности электрического поля, создаваемого источниками искусственного освещения, показали, что у индукционного промышленного светильника LVD 03-022 150 W и индукционного промышленного светильника ФСП4001И 200 Вт ИЕК создаваемая ими напряженность электрического поля превышает допустимый предел от 0,8 до 0,9 м от поверхности корпуса и ее максимальное значение на поверхности колеблется от 4500 до 5000 В/м, в то время как у уличного светодиодного светильника ДКУ-64x2-001 У1 «Феникс», промышленного светодиодного светильника серии ДСП 180Вт (ИЕК), превышения безопасной напряженности электрического поля от 1 до 1,1 м от поверхности корпуса и максимальное значение напряженности находится в диапазоне от 8000 до 11000 В/м, что значительно больше, чем у индукционного. Но, учитывая тот факт, что высота монтажа промышленных светильников – более 3-х м от рабочей зоны, то они соответствуют указанным выше санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам, а также отмеченному ранее постановлению Министерства здравоохранения Республики Беларусь.

ГРАДУИРОВОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭТАЛОННОГО СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА

А. А. Мамрикова, Н. С. Парфенков

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель К. М. Медведев

Введение. В связи с необходимостью научно-технического обеспечения учебного процесса по специальностям и отдельным учебным дисциплинам, связанным с изучением проектирования и эксплуатации альтернативных источников электроэнергии, актуальным вопросом является оснащение лабораторий профильных кафедр учебными стендами.

Одним из обязательных структурных элементов учебно-лабораторного стенда «Исследование характеристик солнечных панелей» является датчик уровня солнечной радиации (энергетической освещенности), в качестве которого можно использовать небольшой эталонный солнечный элемент (рис. 1).



Рис. 1. Эталонный солнечный элемент, используемый в учебном стенде в качестве датчика энергетической освещенности

При падении на эталонный элемент солнечного света на его выводах появится напряжение холостого хода U_x , которое можно измерить с помощью вольтметра. С увеличением потока солнечной радиации (т. е. с ростом энергетической освещенности E_e) напряжение на выводах датчика будет расти. Таким образом, существует зависимость $U_x = f(E_e)$, которую можно получить экспериментальным путем и использовать в качестве градуировочной характеристики эталонного солнечного элемента в дальнейшей эксплуатации учебного стенда, интерпретируя показания вольтметра на выходе датчика в единицах измерения энергетической освещенности.

Цель и задачи исследования. Целью исследования является обеспечение учебно-лабораторного стенда «Исследование характеристик солнечных панелей» средством измерения энергетической освещенности.

Задачами исследования являются:

– снять и построить градуировочную характеристику имеющегося в распоряжении кафедры «Электроснабжение» фотоэлектрического элемента малого размера (эталонного солнечного элемента в составе учебного стенда), т. е. зависимость $U_x = f(E_e)$;

– определить возможность использования эталонного солнечного элемента в качестве датчика, измеряющего энергетическую освещенность.

Методика выполнения исследований. В качестве эталонного солнечного элемента (датчика энергетической освещенности) предполагается использовать фотоэлектрический элемент (рис. 1) со следующими характеристиками: размеры –

1,9 × 5,2 см; полезная площадь – 0,00097 м²; максимальная мощность – 0,16 Вт; максимальный ток – 0,3 А; номинальное напряжение холостого хода – 0,5 В; технология производства – поликристаллическая.

При выполнении исследований использовались следующие измерительные приборы:

– сертифицированный в Евросоюзе прибор SOLAR I-Vw (рис. 2, а) фирмы HT Italia, предназначенный для измерения вольт-амперных характеристик фотоэлектрических панелей и имеющий функцию измерения энергетической освещенности (нижняя граница диапазона измерения – 22 Вт/м²);

– эталонный фотоэлемент HT304N (рис. 2, б), входящий в комплектацию прибора SOLAR I-Vw;

– цифровой вольтметр МНИПИ В7-77 (рис. 2, в), позволяющий получать точность отображения результата измерения до 4 знаков после запятой (т. е. до 0,0001 В).

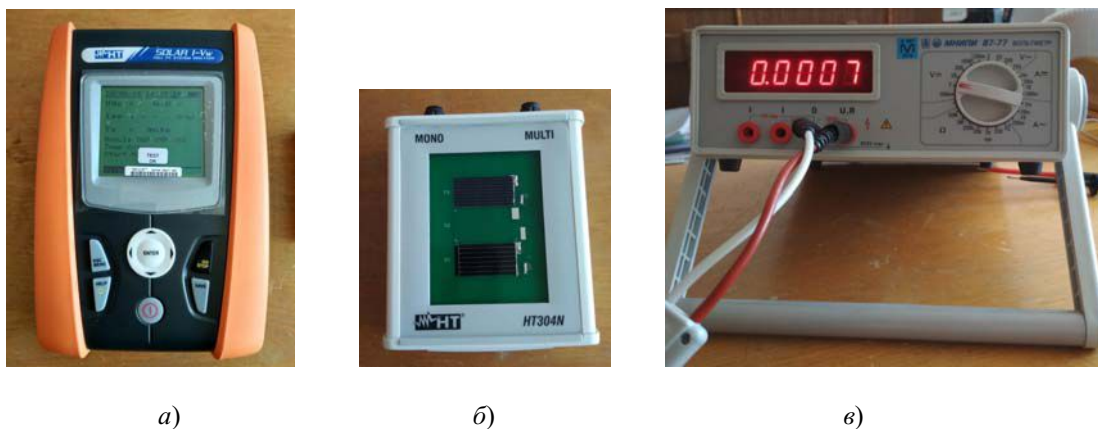


Рис. 2. Измерительные приборы:
а – измеритель BAX SOLAR I-Vw; б – эталонный фотоэлемент HT304N;
в – цифровой вольтметр МНИПИ В7-77

Исследования проводились в одной из аудиторий кафедры ТОЭ на южной (солнечной) стороне 2-го корпуса университета в ясный солнечный день около 13 ч. Окно в аудитории было открыто, исследуемый солнечный элемент находился под прямыми лучами солнца. Температура поверхностей элементов составляла около 45 °С.

Снятие градуировочной характеристики выполнялось в следующей последовательности:

1) эталонный фотоэлемент HT304N и исследуемый солнечный элемент были закрыты большим количеством полиэтиленовых пленок и/или листов бумаги, снижающих световую энергию, падающую на поверхность элементов;

2) постепенно число снижающих световой поток листов уменьшалось, при этом вольтметр В7-77 фиксировал напряжение U_x , а прибор SOLAR I-Vw – энергетическую освещенность E_e .

Результаты исследований и их анализ. На рис. 3 показана снятая градуировочная характеристика.

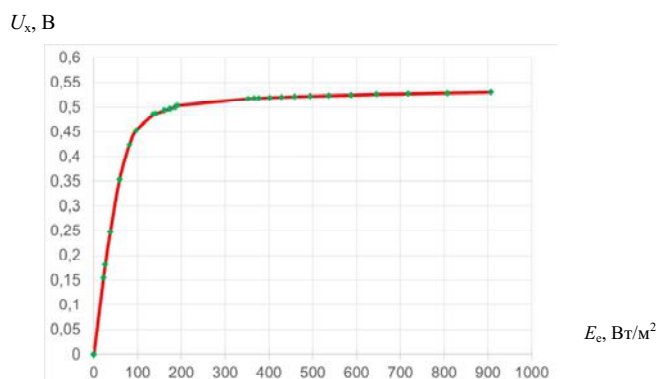


Рис. 3. Градуировочная характеристика эталонного солнечного элемента

Анализ полученной градуировочной характеристики позволяет сделать следующие выводы:

1. Градуировочная характеристика солнечного элемента резко нелинейная. Изгиб наблюдается в районе 100–150 Вт/м².

2. Нелинейность характеристики приводит к неодинаковой чувствительности s датчика в различных диапазонах энергетической освещенности:

$$s = \frac{\Delta U_x}{\Delta E_e}, \text{ мВ}/(\text{Вт}/\text{м}^2),$$

где ΔU_x – изменение напряжения холостого хода при соответствующем изменении ΔE_e энергетической освещенности.

Так, средняя чувствительность составляет:

– на участке освещенности от 0 до 100 Вт/м² – 4,5 мВ/(Вт/м²);

– на участке освещенности от 380 до 900 Вт/м² – 0,022 мВ/(Вт/м²).

Для повышения чувствительности датчика энергетической освещенности можно использовать несколько солнечных элементов, соединенных последовательно. Например, при соединении 10 солнечных элементов в одну последовательную цепь чувствительность датчика в диапазоне освещенности от 380 до 900 Вт/м² вырастет в 10 раз и составит 0,22 мВ/(Вт/м²), что упростит требования к применяемому вольтметру и увеличит точность измерений.

3. Исследуемый солнечный элемент может использоваться в качестве измерительного датчика для измерения энергетической освещенности в учебно-лабораторном стенде при условии применения высокочувствительного милливольтметра.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПУЛЬСАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Д. П. Феськов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель В. Д. Елкин

Любой осветительный прибор излучает световой поток не равномерно, а с определенным количеством колебаний. Этот эффект сложно заметить невооруженным глазом. Но воздействие его на самочувствие человека очень значительное. Невидимое

влияние света опасно тем, что его не всегда возможно распознать, а в результате у человека может возникнуть расстройство сна, депрессивное состояние, слабость, внутренний дискомфорт, нарушения в работе сердца. Коэффициент пульсации освещения является показателем глубины изменений во времени светового потока, падающего на единицу поверхности. Он выражается в процентном соотношении. Для вычисления коэффициента необходимо из максимальной величины освещенности за определенный промежуток времени вычесть минимальную величину за тот же период, а затем разделить получившийся результат на среднее значение освещенности и умножить на 100 %. Санитарные правила устанавливают ограничение на максимальное значение коэффициента пульсации освещения. В том месте, где проводятся основные рабочие операции, он не должен превышать 20 %. Чем ответственнее работа, тем меньше должен быть показатель. Для административных зданий и офисов, где осуществляется напряженная зрительная работа, не допускается коэффициент пульсации более 5 %. Но при этом учитывается частота пульсации светового потока только до 300 Гц, так как более высокая частота не воспринимается человеческим организмом и неспособна оказать на него никакого влияния (ГОСТ Р 54945–2012).

Пульсация – это микромерцания ламп искусственного освещения, невидимые для глаза, но отрицательно влияющие на мозг: появляется напряжение в глазах, усталость, трудность сосредоточения на сложной работе, головная боль. Особенно пульсация опасна для детей до 13–14 лет, когда их психика и зрительная система только формируются. Каково влияние пульсации освещения на организм человека? Как можно уменьшить вред здоровью от пульсации лампочек? Какие лампочки безвредны для использования в офисе и дома? Именно этому посвящено данное исследование российских ученых и медиков.

Проблема исчерпаемости ресурсов и острой необходимости экономии электроэнергии является одной из наиболее остро обсуждаемых в мире. Правительства государств призывают переходить на энергоэффективные технологии и принимают законы, направленные на повышение энергетической эффективности. Тенденция энергосбережения постепенно приходит и в Россию: многие производители бытовой техники повышают класс энергоэффективности своей продукции, рекламные щиты призывают нас экономить электроэнергию и постепенно уходят в прошлое неэкономичные «лампы Ильича». В то же время внедрение новых технологий взамен морально устаревших требует вложения немалых экономических затрат, а сама экономия наступает значительно позднее.

На протяжении ряда лет одной из наиболее популярных энергосберегающих ламп стала люминесцентная. Энергопотребление этой лампы почти в 5 раз ниже, чем у лампы накаливания, а срок службы составляет 6000 ч против 1000 ч. Компактные люминесцентные лампы (КЛЛ) получили широкое распространение благодаря простоте установки: они имеют стандартный цоколь и монтируются непосредственно на место лампы накаливания.

Главной проблемой люминесцентных ламп, которую даже производители не скрывают, является наличие ртути, которая обеспечивает свечение в этой лампе. Если разбить лампу дома, то, чтобы не получить отравления парами ртути, надо предпринять меры по демеркуризации помещения: необходимо провести механическую очистку от соединений ртути и устроить проветривание помещения на несколько часов. Также неправильная утилизация люминесцентных ламп может нанести масштабный урон окружающей среде и здоровью населения: массовое скопление лампочек на городских свалках приведет к попаданию ртути в почву и воду.

Опасность, которую таит в себе люминесцентная лампа, – это пульсация – невидимые невооруженным глазом мерцания света, которые возникают из-за колебаний в подаваемом напряжении. Коварность пульсации заключается в том, что попадая на сетчатку глаза, она корректируется и воспринимается человеком как ровный свет. Однако отрицательное влияние световых колебаний на организм человека установлено в многочисленных исследованиях российских и международных экспертов и ученых. Пульсация крайне отрицательно влияет на мозг и, как следствие, вызывает повышенную утомляемость и плохое самочувствие.

В исследовании лаборатории промышленного освещения «Научно-исследовательского института охраны труда в г. Иваново» под руководством Е. И. Ильиной и Т. Н. Частухиной говорится, что «неблагоприятное действие пульсации на организм человека возрастает с увеличением ее глубины. Появляется напряжение в глазах, усталость, трудность сосредоточения на сложной работе, головная боль». Большинство исследователей отмечает отрицательное воздействие пульсации света на работоспособность человека как при длительном пребывании в условиях пульсирующего освещения, так и при кратковременном, в течение 15–30 мин.

«Освещение пульсирующим светом опасно при наличии в поле зрения движущихся и вращающихся объектов возникновением стробоскопического эффекта – зрительной иллюзией неподвижности или мнимого движения предмета. Стробоскопический эффект может возникать при освещении разрядными источниками света: люминесцентными лампами, в том числе компактными, дуговыми ртутными лампами (ДРЛ), натриевыми лампами высокого давления (НЛВД), металлогалогенными лампами (МГЛ). Следствием стробоскопического эффекта могут быть травмы, например, если этот эффект затронет шпиндель токарного или сверлильного станка и циркулярную пилу, мешалку кухонного миксера и блок ножей вибрационной электробритвы или инструменты на уроках труда в школе» – комментирует заведующий лабораторией строительной светотехники Научно-исследовательского института строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН) И. А. Шмаров.

Многие международные и российские исследования доказали, что пульсация люминесцентного освещения оказывает негативное воздействие также и на центральную нервную систему, причем в большей степени – непосредственно на нервные элементы коры головного мозга и фоторецепторные элементы сетчатки. Заведующая отделением гигиены труда и врач по общей гигиене «Центра гигиены и эпидемиологии в Республике Марий Эл» А. В. Белянина отмечает опасность люминесцентного освещения для зрительной работоспособности человека, особенно у учащихся, в первую очередь, у школьников до 13–14 лет, когда их зрительная система еще формируется. После проведения ряда исследований английские специалисты настойчиво рекомендуют отказаться от использования люминесцентных ламп в детских комнатах.

Развитие технологий и ужесточение норм СНиП и СанПиН повлекли за собой появление электронных пускорегулирующих средств (ЭПРА), снижающих пульсацию. Эти устройства сглаживают колебания, но сделать свет максимально постоянным и ровным под силу лишь самым дорогим и качественным ЭПРА, не выдерживающим конкуренции дешевых китайских ламп, которыми перенасыщен рынок.

По белорусским санитарным нормам, пульсация света при работе с компьютером не должна превышать 5 %, однако при аттестации рабочих мест по условиям труда оказалось, что значение коэффициента пульсации на более чем 80 % рабочих мест в 2–4 раза превышает установленные нормы. Какая пульсация у ламп, установленных дома, можно проверить только при наличии специального профессионального оборудования.

Уходящая в прошлое лампа накаливания также имеет коэффициент пульсации. Колебания напряжения также сказываются на раскаленной вольфрамовой нити. Но она не успевает так быстро остыть, поэтому мерцание несколько сглаживается – пульсация составляет примерно 13 %.

Литература

1. СП 52.13330.2011. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение
2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–2003. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
3. СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585–2010. Изменения и дополнения № 1 к санитарным правилам и нормам СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–2003. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

А. А. Демянчук, Ю. Н. Лось

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Т. С. Юфанова

Для того чтобы в холодный зимний период обеспечить в жилом помещении необходимые условия для проживания, нужна система, которая помогала бы поддерживать нужный температурный режим. Система отопления является наиболее удачным инженерным решением данной проблемы. Отопительная система поможет поддерживать в доме комфортные условия на протяжении всего холодного периода.

Рассмотрим преимущества напольного отопления в сравнение с радиаторным:

1. Равномерное распределение тепла. Из-за того, что прогрев идет от пола, достигается оптимальное распределение – около 23° на уровне ног и 18° – у головы.

2. На сегодняшний день водяной теплый пол считается низкотемпературной системой, поскольку в большинстве случаев вполне достаточно, чтобы температура теплоносителя варьировалась в пределах $30\text{--}45^{\circ}\text{C}$. Для радиаторной системы отопления этот показатель необходимо увеличить до $70\text{--}95^{\circ}\text{C}$.

3. Экономия. Батареи ставят всегда под окно. Делается это для того, чтобы на окнах не образовывался конденсат. Как результат – тепло вылетает напрямую через окно. Кроме того, так как батарея висит на стене, за счет резкой разницы температур стена буквально вытягивает тепло наружу. Экономия за счет использования теплого пола составляет до 20 %.

Графики температур воздуха при различных отопительных системах приведены на рис. 1.

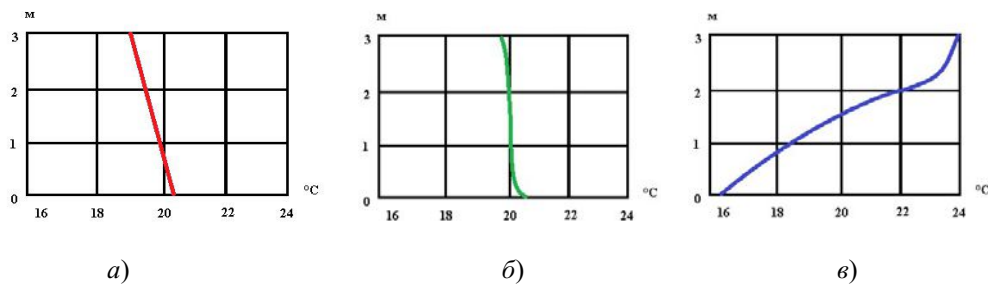


Рис. 1. Графики распределения температур в помещении:
 а – идеальной температуры воздуха; б – график температуры воздуха для систем «теплого пола»; в – график температур для радиаторных систем отопления

Напольное отопление обеспечивает наиболее комфортные условия — тепловые потоки равномерно распределены по всей площади помещения, температура равномерно понижается по высоте помещения, что соответствует условиям комфортности. Идеальным для людей распределением температуры в помещении является режим, при котором ногам человека чуть более тепло, чем голове (температура пола находится между 22 и 25 °С, а температура воздуха на уровне головы человека — между 19 и 20 °С). При напольном отоплении почти 70 % тепла передается к виде теплового излучения, которое не способствует поднятию пыли в воздух. Если температура воздуха в помещении — +20 °С, из рис. 1 видно, что при напольном отоплении разница температур у поверхности пола и под потолком составляет 1–2 °С. При радиаторном отоплении разница температур составляет 6–8 °С, причем внизу холоднее, вверху теплее — это является причиной сильной конвекции воздуха, которая способствует отрыву от поверхности пола и поднятию пыли вверх. При напольном отоплении — все наоборот — естественное перемещение воздуха ограничено, в связи с чем не происходит поднятие пыли и, кроме того, подсос наружного холодного воздуха в помещение будет значительно меньше.

Рассмотрим два вида теплого пола:

- водяной;
- электрический.

Водяной теплый пол представляет собой систему, использующую горячую воду в качестве источника тепла.

Электрические теплые полы в отличие от водяных имеют несколько вариантов реализации:

- кабель;
- пленка;
- маты.

Из всех вариантов теплого пола инфракрасный является одним из самых эффективных способов обогрева помещения.

Инфракрасная карбоновая пленка (ИП), принцип работы которой основан на излучении длинноволновых инфракрасных лучах, представляет собой излучатель в виде нетканого полотна, покрытый с двух сторон пластиковой пленкой. Она имеет 100%-ю теплоотдачу благодаря технологическому слою из карбона и двух медных шин. Карбоновую пленку можно использовать в качестве основной и дополнительной отопительной системы практически во всех видах помещений.

Преимущества водяного пола:

– использование всей поверхности пола для теплоотдачи, равномерное распространение температуры в горизонтальном плане и вертикальное распространение с идеальными показателями, за счет чего обеспечивается более интенсивный прогрев нижней части комнаты в сравнении с верхней частью;

– теплый водяной пол в сравнении с конвективными системами отопления предотвращает появление конденсата и плесени, а также образование холодных областей в комнате, что положительно сказывается на здоровье жильцов;

– отсутствие необходимости очистки обогревательных элементов и использования ковров, которые являются дополнительным источником пыли.

Недостатки водяного теплого пола:

– в случае неправильной укладки труб возможна протечка, которую будет сложно устранить;

– на подобную систему отопления нельзя устанавливать сверху тяжелую мебель.

Преимущества электрического теплого пола:

– главное достоинство ИП для электрических полов – это экологичность, она безвредна для здоровья;

– применение ИП не изменяет влажности воздуха, что происходит с другими системами обогрева;

– инфракрасные пленки легко монтируются. Она универсальна, ее можно устанавливать во всех плоскостях помещения. Для установленной ИП не требуется ремонт и техническое обслуживание.

Недостатки электрических полов:

– высокое потребление электричества для обогрева;

– большие затраты на монтаж и сами нагревательные элементы.

Далее приведено сравнение стоимости монтажа и эксплуатации водяного теплого пола и электрического теплого пола (инфракрасная пленка).

Суть задачи:

1. Рассчитать устройство водяных и электрических теплых полов как основной системы отопления в условных помещениях площадью 10, 50, 100 м², соответственно, с возможностью автоматического регулирования температуры воздуха в помещении.

2. Проанализировать стоимость затрат по устройству и эксплуатации водяных теплых полов и электрических теплых полов помещений 10, 50, 100 м² за 1 месяц, за отопительный период.

Таблица 1

Затраты по системе инфракрасный теплый пол (бел. р.)

Площадь, м ²	Расход электроэнергии, кВт · ч	Стоимость электроэнергии, бел. р.		Тепловая нагрузка, кВт
		1 месяц	6 месяцев	
10	182,9	11,1	62,35	0,35
50	914,48	51,25	307,2	1,75
100	1828,96	102,24	613,44	3,491

Таблица 2

Затраты по системе отопления водяной теплый пол (бел. р.)

Площадь, м ²	Расход газа, м ³ /ч	Стоимость газа, бел. р.		Тепловая нагрузка, кВт
		1 месяц	6 месяцев	
10	27,47	7,28	45,43	0,35
50	137,376	36,43	235,3	1,75
100	274,75	73,1	438,5	3,491

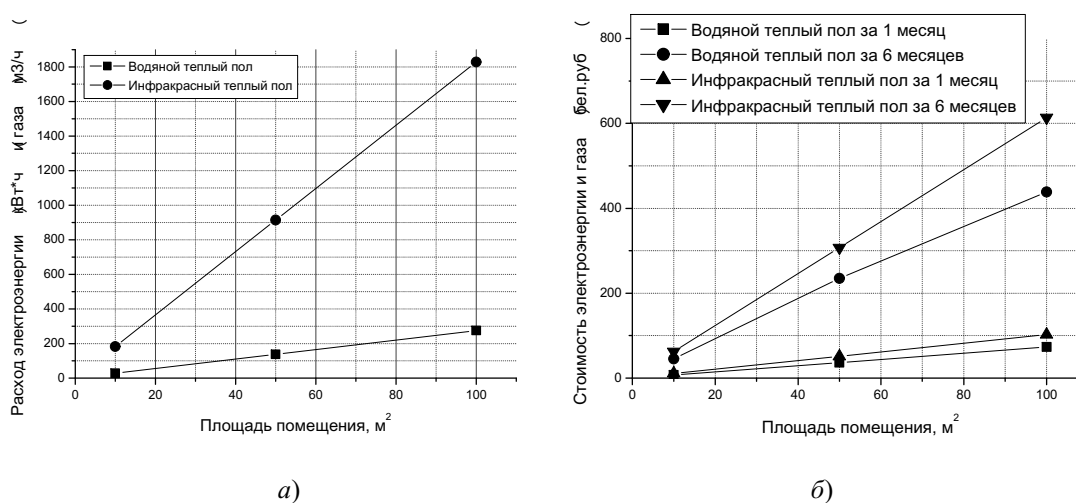


Рис. 2. Графики зависимости:
 а – расхода электроэнергии и газа от площади;
 б – стоимости электроэнергии и газа от площади

Заключение. Согласно данным приведенным в табл. 1 и 2, и построенным на основании этих данных графикам (рис. 2), мы видим, что устройство инфракрасных теплых полов даже на малых площадях является экономически более затратным мероприятием по сравнению с водяными теплыми полами. Однако, ввиду того, что инфракрасная пленка проста в монтаже, не требует цементной стяжки и может укладываться на любые поверхности, в том числе на стены и потолок, ее применение может оказаться приемлемым, в особенности в качестве дополнительной системы отопления.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Д. И. Павлюк

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Т. В. Алферова

В современной энергетике, которая постоянно увеличивает площадь своих сетей и генерирующие мощности, стоит задача своевременного правильного управления происходящими процессами и передачей информации. Огромное количество информации, а также значительное число факторов, которые необходимо учитывать в процессе управления энергосистемой и ее оптимизации, создают некоторые проблемы, которые могут быть успешно решены при использовании для целей анализа, управления и прогнозирования аппарата нейромоделирования.

В настоящее время в энергетике одним из наиболее перспективных методов прогнозирования является использование искусственных нейронных сетей (ИНС).

Все ИНС являются совокупностью двух типов элементов – нейронов и связей между ними.

Нейроны представляют собой простые процессоры, вычислительные возможности которых ограничиваются некоторым правилом активации, позволяющим вычислять выходной сигнал по совокупности входных сигналов. Выходной сигнал

элемента посылается другим элементам по взвешенным связям, с каждым из которых связан весовой коэффициент, или вес. В зависимости от его значения передающий сигнал или усиливается, или подавляется [1].

Самым важным свойством нейронных сетей является их способность обучаться на основе данных окружающей среды и в результате обучения повышать свою производительность (точность вычисления).

Нейронная сеть – это система, которая принимает решения при множестве заданных условий (на входе много разных условий, по которым выдается решение на выходе).

В основе теории нейронных сетей лежит модель искусственного нейрона (ИН), прототипом которого служит простейшая клетка нервной системы человека или животного. Такой нейрон преобразует множество входных сигналов $X = \{X_1, X_2 \dots X_m\}$ в выходной сигнал Y посредством нелинейных преобразований [2].

В модели ИН можно выделить три основных элемента:

- 1) набор сигналов или связей, каждый из которых характеризуется своим весом или силой;
 - 2) сумматор, складывающий входные сигналы;
 - 3) функцию активации (сжатия), ограничивающую амплитуду выходного сигнала.
- Графически полная модель нейрона может быть представлена в виде рис. 1.

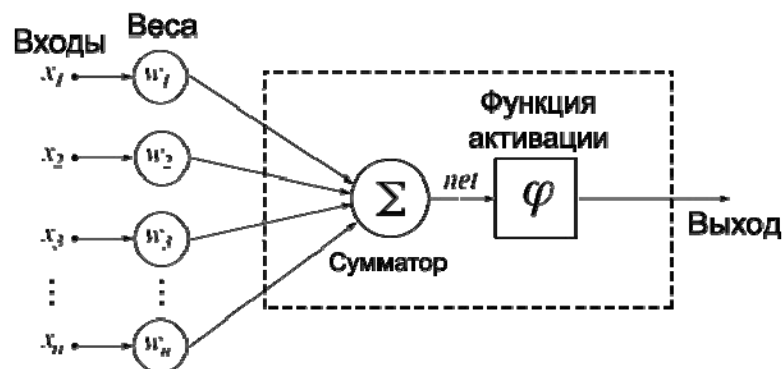


Рис. 1. Полная модель искусственного нейрона

Процесс прогнозирования нагрузок с помощью нейронных сетей состоит из следующих основных этапов:

- подбор архитектуры нейронной сети;
- выбор обучающих данных;
- тренировка нейронной сети, ее тестирование по контрольным данным и при необходимости дообучение сети;
- использование сети для прогнозирования нагрузки;
- возможность обучения и корректировки сети по результатам ее использования.

Нейронные сети обладают следующими преимуществами и достоинствами по сравнению с традиционными вычислительными системами:

1. Решение задач при неизвестных закономерностях. Используя способность обучения на множестве примеров, нейронная сеть позволяет решать задачи, в которых неизвестны закономерности развития ситуации в зависимости между входными и выходными данными. Традиционные математические методы и экспертные системы в таких случаях пасуют.

2. Устойчивость к шумам во входных данных. Возможность работы при наличии большого числа неинформативных, шумовых входных сигналов. Нет необходимости делать их предварительный отсев, нейронная сеть сама определит их мало-пригодность для решения задачи и отбросит их.

3. Адаптирование к изменениям окружающей среды. Нейронные сети обладают способностью адаптироваться к изменениям окружающей среды. В частности, нейронные сети, обученные действовать в определенной среде, могут быть легко переучены для работы в условиях незначительных колебаний параметров среды. Более того, для работы в нестационарной среде (где статистика изменяется с течением времени) могут быть созданы нейронные сети, переучивающиеся в реальном времени. Чем выше адаптивные способности системы, тем более устойчивой будет ее работа в нестационарной среде. При этом следует заметить, что адаптивность не всегда ведет к устойчивости, иногда она приводит к совершенно противоположному результату. Например, адаптивная система с параметрами, быстро изменяющимися во времени, может также быстро реагировать и на посторонние возбуждения, что вызовет потерю производительности. Для того чтобы использовать все достоинства адаптивности, основные параметры системы должны быть достаточно стабильными, чтобы можно было не учитывать внешние помехи, и достаточно гибкими, чтобы обеспечить реакцию на существенные изменения среды.

4. Потенциальное сверхвысокое быстродействие. Нейронные сети обладают потенциальным сверхвысоким быстродействием за счет использования массового параллелизма обработки информации.

5. Отказоустойчивость при аппаратной реализации нейронной сети. Нейронные сети потенциально отказоустойчивы. Это значит, что при неблагоприятных условиях их производительность падает незначительно. Например, если поврежден какой-то нейрон или его связи, извлечение информации, которая ранее запоминалась, затрудняется. Однако, принимая в расчет распределенный характер хранения информации в нейронной сети, можно утверждать, что только серьезные повреждения структуры нейронной сети существенно повлияют на ее работоспособность. Поэтому снижение качества работы нейронной сети происходит медленно.

Применение нейронных сетей в электроэнергетике позволяет оптимизировать процесс производства и распределения электроэнергии, управлять безопасностью и режимами функционирования энергосистем.

Практические результаты нейромоделирования показывают [3], что ИНС можно использовать для всех видов прогнозирования электрических нагрузок, в том числе и для долгосрочного, минимизируя при этом отрицательное влияние таких факторов, как человеческий фактор, неточность, недостоверность или защищенность исходных данных.

Л и т е р а т у р а

1. Калан, Р. Основные концепции нейронных сетей / Р. Калан. – М. : Вильямс, 2003. – 288 с.
2. Хайкин, С. Нейронные сети : полный курс / С. Хайкин. – 2-е изд. – М. : Вильямс, 2006. – 1104 с.
3. Курбацкий, В. Г. Прогнозирование электрической нагрузки с использованием искусственных нейронных сетей / В. Г. Курбацкий, Н. В. Томин // Электрика. – 2008. – № 7.

**БИОГАЗОВЫЙ КОМПЛЕКС МОЛОЧНО-ТОВАРНОЙ ФЕРМЫ
НА 2000 ГОЛОВ****Д. А. Тереня***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель А. В. Овсянник

В рамках научной работы производится анализ ТЭО строительства молочно-товарной фермы (МТФ) с биогазовым комплексом по технологии итальянской фирмы «Rota Guido». Прединвестиционный проект (ТЭО) и архитектурный проект выполняет ОАО «Институт «Гомельагропромпроект» (место работы автора научного исследования). На момент публикации материалов объект находится на стадии архитектурного проектирования. Ожидаемый срок начала строительства – IV квартал 2018 г.

Исходными данными для ТЭО строительства биогазового комплекса было техническое задание от белорусского молочного комбината на основании коммерческого предложения итальянской фирмы «Rota Guido», которое включает описание технологии содержания КРС, производства электроэнергии и тепла из органических отходов молочно-товарной фермы, смету на оборудование для проекта и графическую документацию.

Задачи проекта: разработка проектной документации МТФ на 2000 голов по итальянской технологии фирмы «Rota Guido», соблюдение выполнения государственных нормативно-правовых актов в проекте МТФ, удешевление коммерческого предложения за счет использования оборудования отечественных производителей и поставщиков.

Проектируемый объект представляет собой комплекс зданий и сооружений, предназначенных для выращивания и доения КРС, а также переработки биологических отходов от жизнедеятельности коров.

Назначение молочно-товарной фермы: производство молока. Товарной продукцией фермы является: молоко, мясо выбракованных коров и телят.

Для энергетического обеспечения фермы предусматривается комплекс решений, таких, как строительство биогазового комплекса и собственного источника тепла – котельной.

Учитывая, что ферма непрерывно располагает животноводческими отходами от примерно 2400 голов дойного стада, в том числе от 400 сухостойных коров и от 2000 голов ремонтного стада, т. е. около 250 м³/сутки отходов, к установке принимается биогазовый комплекс выходной электрической мощностью 999 кВт. Тепловая мощность такого комплекса составляет около 1070 кВт.

Животноводческие отходы направляются в две специальные загрузочные емкости реакторов. В этих емкостях осуществляется подготовка субстрата для ежедневной загрузки в первичный реактор. Вместе с субстратом из загрузочных емкостей в первичный реактор поступает твердая биомасса, представленная отходами растениеводства, что позволяет обеспечить оптимальную среду для бактериальных культур.

Процесс анаэробного брожения субстрата протекает в мезофильных условиях при температуре 38–42 °С.

Для обессеривания полученного биогаза предусмотрен настил со специальными бактериальными культурами.

Полученный биогаз через систему фильтров и конденсаторосборников направляется в когенерационную установку контейнерного типа, электрическая мощность которой – 999 кВт, выходное напряжение – 0,4 кВт, 50 Гц.

Биогазовый комплекс работает 8400 ч в год. Годовой расход биогаза составляет около 3153,36 тыс. м³, годовое производство электроэнергии – 8391,6 МВт · ч.

Электрическая энергия отдается в республиканскую энергосистему по тарифу для биогазовых установок, включенных в квоту.

Тепловая энергия, получаемая на биокомплексе, расходуется на нужды биогазового комплекса (960 кВт) и потребителей тепловой энергии в отопительный период (110 кВт), а также для сушки сена в межотопительный период (630 кВт).

Пуск биогазового комплекса будет осуществляться в весенне-летний период, что позволит снизить количество резервируемой мощности котельной по сравнению с отопительным периодом. На период пуска биогазового комплекса максимальная потребляемая мощность составляет 400 кВт.

Тепловые нагрузки проектируемой МТФ по зданиям в зависимости от технологического назначения, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Тепловые нагрузки проектируемой МТФ

Наименование позиции	Потребляемая мощность, кВт
Доильно-молочный зал с двумя доильными установками «Параллель 2х30»	300
Коровник ремонтного стада – 3–10 мес.	100
Телятник – 0–2 мес.	50
Биогазовый комплекс в период стояния наиболее низких температур	400
<i>Итого</i>	850

Котельная работает на местных видах топлива (дрова).

Принятый в проекте биогазовый комплекс предназначен для выработки биогазового топлива с последующим его сжиганием в когенерационной установке и получением электрической энергии. Тепло, отводимое от когенерационной установки, будет использоваться на обеспечение работы биогазового комплекса, а в летнее время – для работы установки по сушке сена.

Рассмотрим варианты реализации проекта в зависимости от тарифов на производимую электрическую энергию (см. табл. 2):

1. Производство электроэнергии и реализация ее в структуры ГПО «Белэнерго» в рамках квот по повышенному тарифу с коэффициентом 1,1 и закупка электроэнергии для нужд объекта у ГПО «Белэнерго» по тарифам для сельскохозяйственных предприятий.

2. Производство электроэнергии и реализация ее в структуры ГПО «Белэнерго» в рамках квот без повышения тарифа и закупка электроэнергии для нужд объекта у ГПО «Белэнерго» по тарифам для сельскохозяйственных предприятий.

Таблица 2

Данные по биогазовому комплексу

Наименование показателей	Единица измерения	Значение
Установленная электрическая мощность биогазового комплекса	МВт	0,999
Годовое время работы биогазового комплекса	Час	8400
Годовое производство электроэнергии	МВт · ч	8391,6
Годовое потребление электроэнергии всей фермой, включая биогазовый комплекс	МВт · ч	6663,019
Годовое потребление электроэнергии биогазовым комплексом	МВт · ч	1752

Сравнение показателей эффективности по вариантам представлено в табл. 3.

Таблица 3

Показатели эффективности строительства БГК

Номер п/п	Наименование показателя	Единица измерения	1 вариант (с квотой)	2 вариант (без квоты)
1	Капитальные затраты без НДС	тыс. р.	6090,281	6090,281
1.1	– оборудование	тыс. р.	5283,602	5283,602
1.1	– СМР	тыс. р.	806,679	806,679
2	НДС	тыс. р.	228,325	228,325
3	Капитальные затраты с НДС	тыс. р.	6318,606	6318,606
4	Амортизационные отчисления	тыс. р.	291,07	291,07
4.1	– оборудование	тыс. р.	264,18	264,18
	нормативный срок службы	лет	20	20
4.2	– строительно-монтажные работы	тыс. р.	26,89	26,89
	нормативный срок службы	лет	30	30
5	Годовые топливно-энергетические затраты (электроэнергия)	тыс. р.	325,87	325,87
5.1	– годовой расход	МВт · ч	1752,00	1752,00
5.2	– стоимость 1 кВт	р.	0,186	0,186
6	Ставка дисконтирования (по проекту в целом)	%	7,37 %	7,37 %
7	Чистый дисконтированный доход (ЧДД)	тыс. р.	433	6 360
8	Простой срок окупаемости	лет	7,6	9,9
9	Динамический срок окупаемости	лет	10,1	14,0
10	Внутренняя ставка доходности (IRR)	%	более 50 %	более 50 %
11	Индекс (доходности) рентабельности (PI)	коэффициент	2,34	2,00

В качестве коэффициента дисконтирования применена ставка, рассчитанная по основному проекту, с учетом долей собственных средств (под ставку рефинансирования 11 %) и кредитных средств (под ставку кредита 5,5 %) в общем объеме инвестиционных затрат.

Простой срок окупаемости в 1-м варианте – 7,6 лет, во 2-м варианте – 9,9 года.

Чистый дисконтированный доход, который показывает абсолютную величину прибыли, приведенной к началу, и достигает положительного значения в 1-м варианте на 11-м году (10,1) реализации проекта и составит 433 тыс. р., во 2-м варианте – на 15-м году (14,0) реализации проекта и составит 6360 тыс. р.

В случае, если будет квота, проект окупается раньше срока выплаты кредита (за 10,1 года – в 2030 г.), если квоты не будет – биогазовый комплекс условно окупится за 14 лет (в 2034 г.). Кредит планируется выплатить в 2030 г., однако окупаемость проекта в целом считается с учетом прибыли от реализации основной продукции, а не по условной экономии (как в нашем расчете). Таким образом, и второй вариант будем считать приемлемым.

Внутренняя норма доходности рассчитана на 15 лет, по всем вариантам имеет значение выше ставки рефинансирования (это значит, что при такой ставке чистый дисконтированный доход будет равен нулю). Индекс (доходности) рентабельности также во всех вариантах – более 1,0, что говорит об эффективности выбранного проектного решения по установке биогазового комплекса.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА «ВИП-2.5/5000»

А. С. Третьяков, А. А. Корнеев

*Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет», г. Могилев, Республика Беларусь*

Научный руководитель Г. С. Ленеvский

Вентильно-индукторные электроприводы (ВИП) являются относительно молодым направлением развития электромашиностроения за последние двадцать лет.

В состав ВИП входит: вентильно-индукторный двигатель (ВИД), преобразователь частоты, система управления и датчик положения ротора. Преобразователь частоты обеспечивает питание фаз ВИД однополярными импульсами напряжения прямоугольной формы; ВИД осуществляет электромеханическое преобразование энергии, система управления в соответствии с заложенным в нее алгоритмом и сигналами обратной связи, поступающими от датчика положения ротора, управляет данным процессом.

По своей структуре ВИД ничем не отличается от классической системы регулируемого электропривода. Именно поэтому он и обладает всеми ее свойствами. Однако в отличие от регулируемого электропривода, например, с асинхронным двигателем, ВИД в ВИП не является самодостаточным. Он принципиально не способен работать без преобразователя частоты и системы управления. Преобразователь частоты и система управления являются неотъемлемыми частями ВИД, необходимыми для осуществления электромеханического преобразования энергии. Это дает право утверждать, что совокупность структурных элементов ВИП является не только системой регулируемого электропривода, но и электромеханическим преобразователем энергии.

Основными достоинствами ВИП являются:

- простая конструкция, высокие массогабаритные характеристики;
- высокая надежность;
- широкий диапазон частот вращения (от единиц до сотен тысяч об/мин);
- высокий КПД в широком диапазоне частот вращения;
- низкая стоимость электромеханического преобразователя.

Одним из вариантов ВИП является семейство вентильно-индукторных электроприводов производства ООО «Сапфир» (Россия, г. Ростов-на-Дону). На рис. 1 представлен привод ВИП-2.5.



Рис. 1. Внешний вид ВИП-2.5

Одним из главных параметров любой электрической машины является ее энергетическая характеристика. Примерный вид энергетической диаграммы для ВИП приведен на рис. 2.

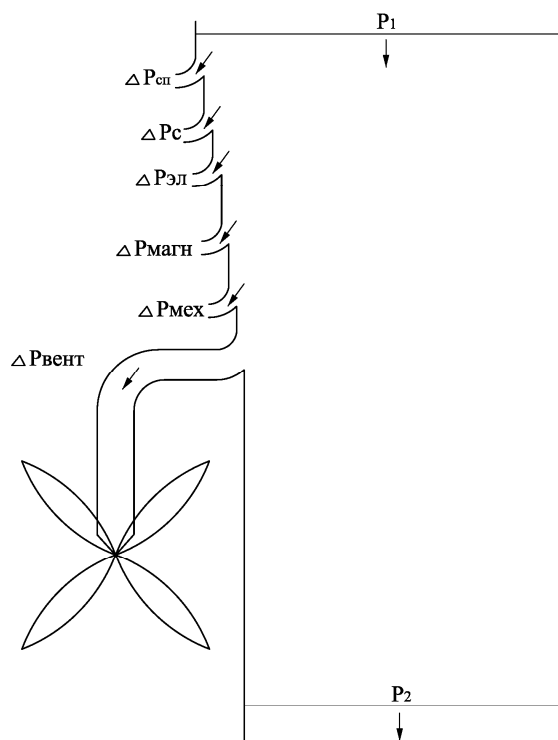


Рис. 2. Энергетическая диаграмма ВИД

В ВИП можно выделить потери в электронном преобразователе и потери в ВИД. На данном этапе потери в электронном преобразователе представим их суммарными потерями $\Delta P_{\text{сп}}$, уделив внимание детальному рассмотрению потерь в ВИД.

Разделим все потери, имеющие место в ВИД: электрические, магнитные и механические.

Электрические потери $\Delta P_{\text{эл}}$ в обмотках ВИД пропорциональны квадрату тока статора.

Магнитные потери $\Delta P_{\text{магн}}$ состоят из потерь на гистерезис (из-за перемагничивания стали) и потерь на вихревые токи. Определение магнитных потерь в ВИД встречает большие сложности из-за несинусоидальности изменения магнитной индукции.

Потери в стали $\Delta P_{\text{с}}$ состоят из потерь в стали статора и потерь в стали ротора.

Механические потери $\Delta P_{\text{мех}}$ представляют собой потери на трение в подшипниках, на трение вращающихся частей о воздух.

Вентиляционные потери $\Delta P_{\text{вент}}$ представляют собой потери на преодоление аэродинамического сопротивления воздуха в вентиляционной сети ВИД.

Исследование энергетических характеристик сводится в конечном случае к определению входной P_1 , выходной мощности P_2 , суммарных потерь в двигателе и определению коэффициента полезного действия (КПД).

Для исследования данного ВИП было проведено дипломное проектирование по разработке лабораторного комплекса. Данный комплекс позиционируется как площадка для изучения ВИП в рамках лабораторных работ и проведения научных исследований (рис. 3).



Рис. 3. Экспериментальная установка

Лабораторный комплекс состоит из двух составных частей: агрегат электромашинный и станция управления.

Агрегат электромашинный представляет собой спарку из двух электродвигателей: индукторной машины в качестве испытуемой и машины постоянного тока (ДПТ) в качестве нагрузки (создания момента нагрузки на валу испытуемой индукторной машины). Для создания нагрузки обмотка якоря ДПТ закорачивается на активное сопротивление, а регулирование момента нагрузки происходит за счет регулирования потока в обмотке возбуждения ДПТ. Рассматриваемый ВИП имеет возможность измерять частоту вращения ротора. Для измерения момента на валу планируется использовать два метода: косвенное измерение момента на стороне постоянного тока ДПТ и использование датчика момента.

В станции управления для измерения энергетических параметров используется функциональный узел, состоящий из датчиков тока, напряжения, скорости, момента. Для обработки информации используется микропроцессорное устройство, которое в своем программном приложении способно отображать форму сигналов тока и напряжения, раскладывать их в спектр и измерять КПД.

На основании математического описания в [1], [2] был проведен расчет двигателя и энергетических характеристик электропривода «ВИП-2.5/5000», а также проведено математическое моделирование в программе Matlab. Итоги показали высокую сходимость результатов расчета/моделирования и паспортных данных. В данный момент происходит подготовка к экспериментальному исследованию энергетических характеристик электропривода «ВИП -2.5/5000».

Литература

1. Кузнецов, В. А. Вентильно-индукторные двигатели / В. А. Кузнецов, В. А. Кузьмичев. – М. : Изд-во МЭИ, 2002.
2. Голландцев, Ю. А. Вентильные индукторно-реактивные двигатели / Ю. А. Голландцев. – СПб. : ГНЦ РФ. ЦНИИ «Электроприбор», 2003. – 148 с.

РАЗРАБОТКА АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ УЛУЧШЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ

А. С. Третьяков, О. А. Капитонов

*Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет», г. Могилев, Республика Беларусь*

Научный руководитель Г. С. Ленеvский

В настоящее время в промышленно развитых странах наблюдается устойчивая тенденция к замене нерегулируемых электроприводов на регулируемые и содержащие устройства плавного пуска. При этом область применения нерегулируемых по скорости вращения электроприводов с устройством плавного пуска составляет в Европе около 80 %, а приводов с частотным регулированием – 20 %.

В этой связи является актуальной разработка энергоэффективных комплектных электроприводов переменного тока на базе электродвигателей улучшенной конструкции.

Разрабатываемая конструкция такого электродвигателя должна обеспечивать снятие большей мощности по сравнению со стандартным электродвигателем (прототипом) без изменения массогабаритных характеристик. Данная задача может быть решена за счет улучшения условий отвода тепла из статора и ротора электродвигателя, особенно при скорости вращения ротора меньше номинальной. Такое конструктивное решение позволит устранить перегрев обмоток электродвигателя, вызванный увеличением потерь энергии при работе от преобразователя частоты и устройства плавного пуска, а также повышенным выделением тепла в пусковых режимах. Улучшение отвода тепла и исключение перегрева позволит значительно повысить надежность и срок службы электродвигателя, а также несколько повысить его энергетические характеристики за счет уменьшения активного сопротивления обмоток при снижении их рабочей температуры.

Задачами совершенствования конструкции силового преобразователя являются:

- улучшение электромагнитной совместимости с питающей сетью;
- снижение величины пусковых токов и нагрузки на сеть;
- компенсация потребляемой от сети реактивной мощности;

- обеспечение плавного пуска рабочей машины;
- устранение толчков и ударов при пуске;
- повышение энергетических характеристик электропривода;
- обеспечение возможности работы преобразователя в составе автоматизированной системы управления.

При использовании в качестве силового преобразователя устройства плавного пуска, осуществляющего регулирование напряжения на статоре электродвигателя при неизменной частоте, указанные задачи могут быть решены за счет перехода от традиционного для данных устройств фазового метода регулирования напряжения к импульсному с использованием входного фильтра, что позволит улучшить гармонический состав токов статора электродвигателя и токов фаз питающей сети. При работе от такого устройства потери в электродвигателе будут снижены за счет исключения из спектра напряжения на статоре низкочастотных гармонических составляющих, характерных для фазового метода регулирования напряжения. Входной фильтр, включающий в себя дроссель и конденсаторы, помимо фильтрации высокочастотных гармоник обеспечит компенсацию реактивной мощности, что приведет к снижению величины потребляемого от сети тока, уменьшению просадок напряжения питающей сети при пуске электропривода, уменьшению потерь в питающей сети и, как следствие, значительной экономии энергии.

Снижение величины потребляемого от сети тока за счет компенсации реактивной мощности в сочетании с улучшенным охлаждением асинхронного электродвигателя позволит уменьшить ограничение тока фаз статора электродвигателя при пуске и повысить пусковой момент по сравнению со стандартным электроприводом такой системы.

При работе предлагаемой конструкции асинхронного электродвигателя с преобразователем частоты исключается перегрев вследствие повышения потерь в номинальном режиме, а также при длительных и частых пусках с моментом выше номинального.

На данный момент на базе кафедры «Электропривод и АПУ» Белорусско-Российского университета в рамках госбюджетной работы разрабатывается энергоэффективный асинхронный электропривод на базе асинхронного электродвигателя улучшенной конструкции (рис. 1).

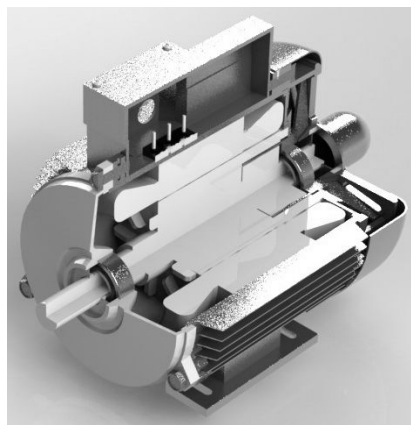


Рис. 1. Внешний вид энергоэффективного двигателя улучшенной конструкции

В его основе лежит общепромышленный асинхронный электродвигатель серии АИР с модифицированной станиной, модернизированной системой вентиляции и встроенным силовым преобразователем в клеммную коробку.

Модификация станины заключается в монтировании на нее клеммной коробки большой вместимости и специальной формы заднего подшипникового щита для монтирования новой системы вентиляции.

В качестве силового модуля, расположенного в клеммной коробке, используется устройство плавного пуска для запуска электродвигателя с возможностью регулирования скорости вращения. В основе системы управления верхнего уровня лежит микропроцессор stm32f103. Есть возможность дистанционного управления всей системой. Ведется доработка устройства плавного пуска до уровня контроллера-оптимизатора. Контроллеры-оптимизаторы – это регуляторы напряжения питания электродвигателя, осуществляющие контроль за фазами тока и напряжения. Они обеспечивают полное управление приводом на всех этапах работы и защищают его от повышенного и пониженного напряжения, перегрузки, обрыва или нарушения чередования фаз и т. д. Контроллеры-оптимизаторы согласуют значение крутящего механического момента, развиваемого электродвигателем, со значением механического момента нагрузки на его валу за счет изменения напряжения питания двигателя. При этом скорость вращения ротора электродвигателя остается прежней, а коэффициент мощности повышается. Это оборудование является функционально законченным и не требует подключения дополнительных устройств. При работе привода в режиме динамично меняющихся нагрузок контроллер обеспечивает прекращение отбора мощности из питающей сети в те моменты, когда полупроводниковые переходы тиристоров (управляемых диодов) закрыты, т. е. не пропускают электрический ток. Тиристоры открываются при поступлении управляющих импульсов, задержка подачи которых определяется степенью загрузки привода, а закрываются при переходе тока через ноль.

Одним из особенностей конструкции рассматриваемого асинхронного электродвигателя является модернизированная система вентиляции. В данном случае используется наружная вентиляция с независимым охлаждением, состоящая из двух вентиляторов. Один из которых жестко закреплен на выходном конце вала электродвигателя, а другой – на защитном кожухе специальной конструкции. Если скорость вращения первого вентилятора жестко определяется скоростью вращения вала электродвигателя, то второй вентилятор вращается независимо от первого, создавая дополнительный поток воздуха для интенсивного отвода тепловых потерь с поверхности станины. Данный вентилятор имеет свой собственный силовой модуль с микропроцессорной системой нижнего уровня, которая управляется верхней. Скорость его вращения зависит от условий работы электродвигателя и абсолютно не зависит от вентилятора, жестко закрепленного на валу асинхронного электродвигателя. В номинальном режиме работает вентилятор, закрепленный на валу. Как только начинает увеличиваться нагрузка, либо проседать скорость вращения, согласно заложенной программе начинает вращаться независимый вентилятор со скоростью, достаточной для обеспечения минимально необходимого объема воздуха. В случае короткого замыкания или заклинивания ротора независимый вентилятор выходит на максимальные обороты, позволяя минимизировать ущерб машине и сработать защите.

Расчеты и компьютерное моделирование показали эффективность рассматриваемого электродвигателя. В настоящее время идет подготовка к сборке данной модификации электродвигателя и проведению лабораторных испытаний.

МОДЕЛЬ МАТРИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ**Р. Г. Шелкунов***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель В. А. Савельев

Матричные преобразователи частоты (МПЧ) – одно из самых перспективных решений в сфере экономии энергии и развития электропривода. Основными достоинствами МПЧ и преимуществами, которые они дают по сравнению с привычными двухзвенными преобразователями, являются:

- возможность рекуперации энергии без помощи дополнительных устройств;
- МПЧ могут работать с большими напряжениями/токами, что наиболее важно в мощных приводах на среднее напряжение;
- высокие значения КПД (98 %) и коэффициента мощности (0,95);
- значительное снижение входных гармонических искажений [1], [2].

В [4] приведена модель преобразователя частоты, работающая на чисто активную нагрузку. Однако, как правило, интерес представляет работа преобразователя на активно-индуктивную нагрузку.

В докладе рассматривается имитационная модель матричного преобразователя частоты, работающего на индуктивную нагрузку (рис. 1). Модель построена в программе MATLAB SimuLink с использованием стандартных компонентов силовой электроники и логических функций. Модель преобразователя содержит: узел синхронизации с сетью, узел формирования алгоритма, силовую часть, модель нагрузки.

Узел синхронизации с сетью производит слежение за напряжением сети и сообщает узлу формирования алгоритма, какое из линейных напряжений сети следует использовать в данный момент при формировании выходного напряжения преобразователя. На вход узла синхронизации поступают три фазных напряжения A , B и C питающей сети. Параметры модели сети следующие: амплитуда фазного напряжения – 311 В; круговая частота – 314 с^{-1} . Путем вычитания соответствующих фазных напряжений формируются линейные напряжения сети. Момент их прохождения через нуль совпадает с моментом смены рабочего интервала МПЧ. С помощью узлов сравнения и логического умножения происходит выделение интервалов максимума линейных напряжений с последующим формированием на выходе блока шести прямоугольных синхросигналов ($A > 0, A < 0, B > 0, B < 0, C > 0, C < 0$).

Узел формирования ШИМ производит сравнение линейно-изменяющегося опорного сигнала с тремя синусоидальными сигналами a , b и c задания выходного напряжения фаз преобразователя. В моменты, когда величина опорного напряжения превышает величину напряжения сигнала задания, компаратор переключается из нулевого состояния в состояние логической единицы. Когда же величина опорного напряжения становится меньше напряжения сигнала задания, компаратор возвращается в исходное состояние. Таким образом, получается широтно-импульсная модуляция синусоидального сигнала заданной частоты. В зависимости от полярности сигналов задания формируются прямые или же инверсные ШИМ ($a+$, $a-$, $b+$, $b-$, $c+$, $c-$).

Узел выборки ключей производит формирование сигналов управления силовыми ключами, используя для этого синхросигналы узла синхронизации и ШИМ-сигналы узла формирования ШИМ. Узел выборки содержит три канала (по числу фаз), каждый из которых управляет тремя двунаправленными ключами, соединенными по выходу с одной из фаз нагрузки. В отличие от модели, предложенной в [4],

в каждом из каналов вначале производится логическое умножение прямоугольных синхросигналов блока синхронизации и двух ШИМ-сигналов, соответствующих одной из фаз нагрузки, в результате чего формируются по шесть сигналов для каждой из фаз нагрузки. Далее в каждой группе из шести сигналов выполняются операции «исключающее ИЛИ» между каждыми двумя сигналами, соответствующими двум синхросигналам одной фазы. Таким образом, каждый двунаправленный ключ управляется при сигнале положительной или отрицательной полярности управляющего напряжения всегда, когда соответствующая фаза напряжения сети положительна или отрицательно, соответственно.

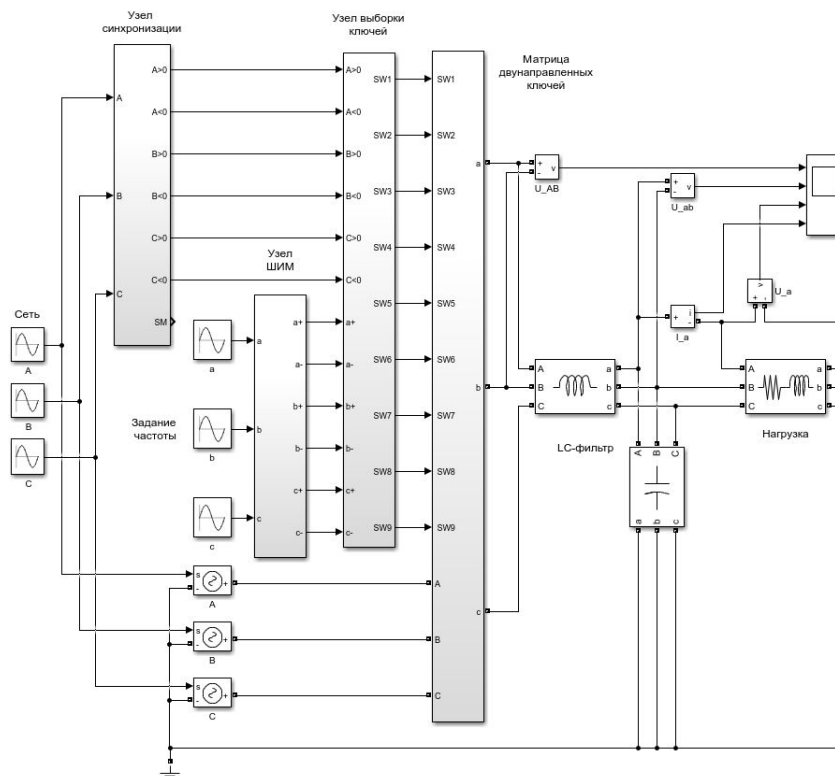


Рис. 1. Имитационная модель матричного преобразователя частоты

В отличие от модели, рассмотренной в [4], в настоящей модели матрица двунаправленных ключей выполнена с применением двунаправленных мостовых ключей. Диодный мостовой ключ является самым простым видом двунаправленного ключа. Его главное достоинство – использование всего лишь одного транзистора.

Параметры модели силовой части следующие: внутреннее сопротивление силового транзистора в открытом состоянии – 1 мОм; прямое падение напряжения на переходе «коллектор–эмиттер» – 1 В; внутреннее сопротивление силового диода в открытом состоянии – 1 мОм; прямое падение напряжения на переходе силового диода – 0,8 В.

Получая сигналы управления от узла выборки ключей, матрица формирует выходное напряжение заданной частоты.

Модель нагрузки представлена 3-фазным RL -звеном: активное сопротивление фазы – 10 Ом; индуктивность фазы – 6,4 мГн. Нагрузка подключена к выходу преобразователя через RC -фильтр с параметрами: индуктивность фазы – 10 мГн; емкость фазы – 15 мкФ.

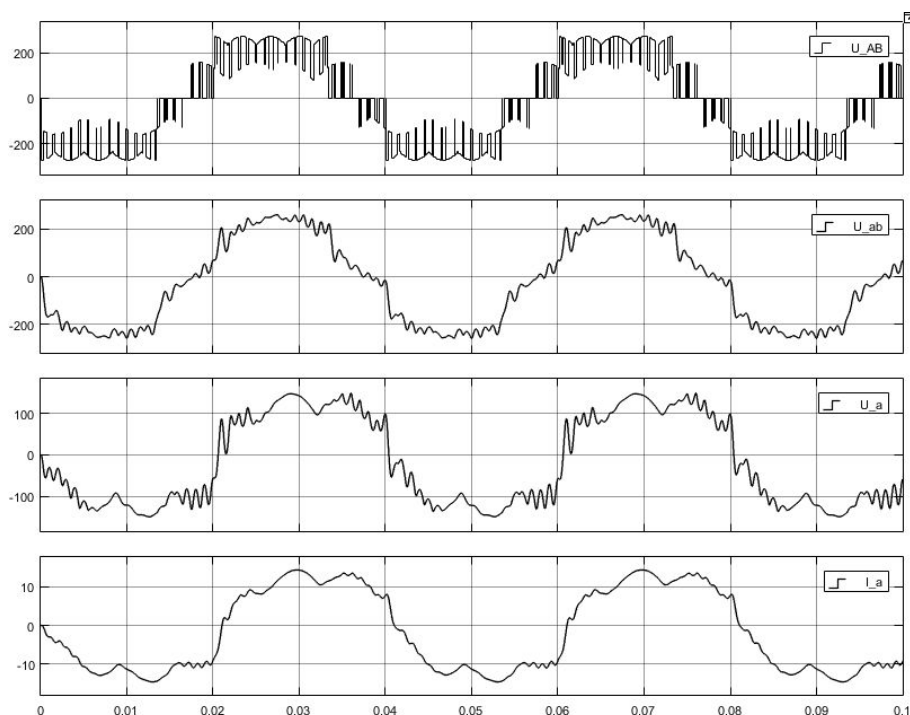


Рис. 2. Диаграммы работы матричного преобразователя частоты

На рис. 2 приведены диаграммы линейного напряжения (U_{AB}) непосредственно на выходе преобразователя, линейного напряжения (U_{ab}) после LC -фильтра, фазного напряжения (U_a) после LC -фильтра и тока (I_a) в нагрузке.

Литература

1. Дарьенков, А. Б. Имитационная модель электропривода на базе матричного преобразователя частоты / А. Б. Дарьенков, И. В. Воротынцев, И. А. Варыгин // Тр. Нижегород. гос. техн. ун-та им. Р. Е. Алексеева. – 2014. – № 5 (107). – С. 59–64.
2. Мещеряков, В. Н. Энергосберегающий электропривод на базе матричного преобразователя частоты / В. Н. Мещеряков, Д. В. Байков // Электротехника : сетевой электрон. науч. журн. – 2015. – Т. 2. – № 2. – С. 35–39.
3. Савельев, В. А. Модель матричного преобразователя частоты / В. А. Савельев, П. Н. Казаченко // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2017. – С. 403–405.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ УЧРЕЖДЕНИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО РАЙОНА

М. А. Себик

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель М. Н. Новиков

Актуальность исследований. Тепловизионный метод является простым инструментальным средством оценки эффективности теплосберегающих покрытий оконных пакетов, теплоизоляции стен, для чего рекомендуется сравнивать температуры наружных поверхностей стандартных и теплосберегающих стеклопакетов путем уста-

новки покрытий с высоким (известным) коэффициентом излучения и введения корректирующих параметров тепловизионных измерений: коэффициента излучения объекта исследований и отраженной температуры фона.

Для проведения тепловизионного исследования достаточно бюджетного и эффективного способа обнаружения теплопотерь, для его осуществления требуется только тепловизор и программа обработки снимков.

Данные исследования выполнялись по заказу отдела образования, спорта и туризма Гомельского райисполкома.

Цель и задачи исследования. Цель: разработка комплекса мероприятий по снижению теплопотерь зданий учреждений образования Гомельского района.

Задачи:

1. Обследование объекта с целью получения наглядной и точной информации о состоянии изоляции, дефектах перекрытий, нарушении герметичности оконных проемов методом тепловизионных измерений.
2. Обработка полученных термограмм для нахождения фактических теплопотерь.
3. Разработка комплекса мероприятий по повышению энергоэффективности обследованных зданий с оценкой их эффективности.

Методика измерений. Для начала требовалось провести тепловизионное обследование тепловизором ТНТ-45, по результатам которого определялись места наиболее ярко выраженных тепловых потерь.

Следующим шагом было определение наружной и внутренней температуры ограждающих конструкций, наружной и внутренней температуры потолка, температуры пола пирометром КЕЛЬВИН 201.

Лазерным дальномером были определены размеры оконных и дверных проемов.

Все геометрические параметры зданий были взяты из строительного проекта.

Результаты. На основании полученных данных произвели расчет теплопотерь, по которым определили мероприятия для повышения энергоэффективности, годовую экономию топлива, затраты на внедрение и срок окупаемости.

В качестве мероприятий по уменьшению теплопотерь были предложены:

- термореновация ограждающих конструкций зданий (кровля);
- терморенновация ограждающих конструкций зданий (фасад);
- установка энергоэффективных оконных блоков из ПВХ;
- термоограждающие конструкции за радиаторами отопления;

Результаты технико-экономического обоснования приведены в таблице.

Результаты технико-экономического обоснования

Наименование мероприятия	Годовая экономия условного топлива, т у. т	Затраты на внедрение мероприятия, р.	Срок окупаемости мероприятия за счет экономии топлива, год	Процент снижения энергопотребления от внедрения мероприятия, %	Структура, %
Термореновация ограждающих конструкций зданий (кровля)	6,38	25004	8,91	52,3	19,35
Терморенновация ограждающих конструкций зданий (фасад)	36,75	62650	3,8	50,1	48,49

Окончание

Наименование мероприятия	Годовая экономия условного топлива, т у. т	Затраты на внедрение мероприятия, р.	Срок окупаемости мероприятия за счет экономии топлива, год	Процент снижения энергопотребления от внедрения мероприятия, %	Структура, %
Установка энергоэффективных оконных блоков из ПВХ	9,7	41360	9,68	35,5	32,01
Термоограждающие конструкции за радиаторами отопления	2.12	188	0,2	22,1	0,15

Заключение. По результатам проведенных измерений были рассчитаны фактические потери тепла и разработан комплекс мероприятий по повышению эффективности зданий учреждений образования Гомельского района. Были подобраны теплоизолирующие материалы, рассчитаны финансовые затраты и сроки окупаемости предлагаемых мероприятий.

ВЛИЯНИЕ НА ТОЧНОСТЬ И БЫСТРОДЕЙСТВИЕ ПОЗИЦИОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО-ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КОРРЕКЦИЕЙ

В. Д. Бундер

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель В. В. Логвин

Позиционный электропривод обеспечивает регулирование положения исполнительного органа рабочей машины. Он выполняет перемещение исполнительного органа из исходного в требуемое положение и его остановку с необходимой точностью. Этот электропривод должен также обеспечивать регулирование скорости и момента двигателя с хорошими статическими и динамическими качествами, облегчающими условие регулирования положения.

Точность остановки и производительность (время дотягивания) позиционирования зависят от нагрузки привода и его электромеханической характеристики, статизм которой выбирается из заданной точности остановки. При различных нагрузках электропривода торможение происходит при разных значениях замедления, что снижает точность остановки.

При рассмотрении электропривода в режиме позиционирования по значениям промежуточных координат различают три случая: малые перемещения, когда регуляторы всех трех контуров привода не выходят в насыщение; средние перемещения, когда в насыщение выходит регулятор тока; большие перемещения, когда в насыщение выходит и регулятор скорости. Контур скорости и тока строятся в следящем приводе так же, как в системах регулирования скорости. Аналогичной будет и настройка этих контуров. Настройку регулятора положения рассмотрим отдельно для каждого из перечисленных случаев с учетом последовательно-параллельной коррекции.

В большинстве позиционных электроприводов наилучшим считается такой переходный процесс отработки перемещений, когда скорость двигателя в процессе отработки заданного угла изменяется по треугольному графику, т. е. при стартстопном управлении. Это позволяет в полной мере использовать перегрузочную способность двигателя и исключает возникновение перерегулирования в переходном процессе. Для того чтобы в замкнутой системе привода при обработке заданного углового перемещения происходило управление двигателем, близкое к стартстопному, необходимо обеспечить вполне определенное, соответствующее этому перемещению значение передаточного коэффициента регулятора положения.

В традиционных системах подчиненного регулирования принято компенсировать только большие постоянные времени. Это оправдано для контура тока, в котором постоянная времени T_{μ} образуется как неподлежащая компенсации сумма малых постоянных времени. Однако в последующие контуры регулирования вводят последовательно увеличивающиеся постоянные времени $4T_{\mu}$, $8T_{\mu}$, $16T_{\mu}$ и т. д. В результате происходит накопление T_{μ} -инерционностей от контура к контуру, причем в каждом последующем контуре уменьшается быстродействие и увеличивается порядок динамической системы. Эта проблема решается с использованием средств последовательной и параллельной коррекции по принципу инвариантного оптимума, который предусматривает полную компенсацию инерционностей предыдущего контура, в том числе и T_{μ} -инерционностей. Вследствие этого не требуется динамического сопряжения контуров и появляется возможность формирования желаемой динамики.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРЫ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А. М. Панфилов

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель С. Л. Авакян

Новизна результатов исследования заключается в том, что на основе системного подхода к организации промышленного производства сформирована матрица взаимосвязи между факторами энергоэффективности для дальнейшего построения корреляционно-регрессионных моделей прогнозирования энергопотребления предприятия.

Задача корреляционного анализа – это определение тесноты и направления связи между изучаемыми величинами. В ходе регрессионного анализа определяется аналитическое выражение связи зависимой случайной величины Y (результативный признак) с независимыми случайными величинами X_1, X_2, \dots, X_m (факторами). При помощи регрессионного анализа возможно решение задачи прогнозирования и потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). Прогнозные значения вычисляются путем подстановки в уравнение регрессии параметров значений объясняющих переменных.

Режимы потребления ТЭР для каждого предприятия представляют собой функцию большого количества переменных, значения которых изменяются в широких диапазонах, поэтому для построения моделей режимов потребления ТЭР целесообразно использовать расчетно-статистические модели.

Наиболее предпочтительной моделью для решения поставленных задач является аддитивная модель вида

$$Y = \sum_{i=1}^n a_i \cdot x_i + b, \quad (1)$$

где Y – результирующий признак модели; x_i – факторный признак модели; a_i – коэффициент регрессии при i -м признаке; n – количество факторов, включенных в модель; b – свободный член уравнения.

Коэффициент регрессии при этом отражает степень влияния фактора на величину потребления энергоресурса предприятия. Свободный член уравнения включает в себя расход энергоресурса, не зависящий ни от одного из факторов.

Введем в уравнение (1) показатели энергоэффективности, тогда базовая модель, описывающая техническую систему как потребителя ТЭР, примет вид

$$W = W_{\text{уд.техн}} \cdot \Pi + W_{\text{усл.пост}}, \quad (2)$$

где $W_{\text{уд.техн}}$ – технологическая составляющая удельного расхода электроэнергии на выпуск продукции, ТЭР/ед.прод; $W_{\text{усл.пост}}$ – условно-постоянная составляющая расхода электроэнергии на выпуск продукции, не зависящая от объемов производства продукции (затраты электроэнергии на освещение, вентиляцию, вспомогательные производственные нужды), ТЭР/период; Π – объем выпуска продукции за период, ед. продукции/период.

Разработка и анализ расчетно-статистических моделей режимов электропотребления производится на основе методов математической статистики, включая регрессионный и корреляционный анализ. Одним из основных способов получения линейных регрессионных уравнений является метод наименьших квадратов (МНК).

Алгоритм построения регрессионной модели по данному методу представляет собой следующий порядок действий. Пусть имеется некоторая выборка экспериментальных данных объемом m опытов, содержащая независимые переменные x_1, x_2, \dots, x_k и зависимую переменную (отклик) y . В общем случае зависимых переменных может быть несколько и, как отмечалось ранее, их выбор часто зависит от целей исследования, наличия информации и организации системы учета на предприятии.

Для рассматриваемого случая уравнение (1) можно записать в виде

$$y = b_0 + b_1 \cdot z_1 + b_2 \cdot z_2 + \dots + b_k \cdot z_k, \quad (3)$$

где каждая из переменных z называемая в дальнейшем фактором, представляет собой функциональную зависимость произвольного вида от независимых переменных:

$$z_i = z_i(x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (4)$$

Параметр k определяет количество факторов в эмпирическом уравнении.

Задача определения коэффициентов уравнения регрессии по МНК сводится практически к определению минимума функции многих переменных: требуется выбрать b_0, b_1, \dots, b_k так, чтобы сумма квадратов отклонений, рассчитанных по уравнению (3), и экспериментальных значений функции отклика была минимальной:

$$\Phi = \sum_{j=1}^m (y_j - f(z, b_0, b_1, \dots, b_k))^2 \rightarrow \min, \quad (5)$$

где j – номер эксперимента из общей выборки.

Если функция (5) дифференцируема, то необходимым условием минимума функции $\Phi(b_0, b_1, \dots, b_k)$ является выполнение равенств:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial b_0} = 0; \quad \frac{\partial \Phi}{\partial b_1} = 0; \quad \frac{\partial \Phi}{\partial b_k} = 0. \quad (6)$$

При линейном характере зависимости (3) система уравнений (6) принимает вид

$$\frac{\partial \Phi}{\partial b_0} = \frac{\partial (\sum_{i=1}^m (y_i - (b_0 + b_1 \cdot z_{1i} + \dots + b_k \cdot z_{ki}))^2)}{\partial b_0} = 2 \cdot \sum_{i=1}^m (y_i - (b_0 + b_1 \cdot z_{1i} + \dots + b_k \cdot z_{ki})) \cdot 1 = 0;$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial b_1} = \frac{\partial (\sum_{i=1}^m (y_i - (b_0 + b_1 \cdot z_{1i} + \dots + b_k \cdot z_{ki}))^2)}{\partial b_1} = 2 \cdot \sum_{i=1}^m (y_i - (b_0 + b_1 \cdot z_{1i} + \dots + b_k \cdot z_{ki})) \cdot z_{1i} = 0;$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial b_k} = \frac{\partial (\sum_{i=1}^m (y_i - (b_0 + b_1 \cdot z_{1i} + \dots + b_k \cdot z_{ki}))^2)}{\partial b_k} = 2 \cdot \sum_{i=1}^m (y_i - (b_0 + b_1 \cdot z_{1i} + \dots + b_k \cdot z_{ki})) \cdot z_{ki} = 0.$$

Раскрыв скобки, и перенеся направо слагаемые, не содержащие неизвестные коэффициенты $b_i, i = 0, \dots, k$, получим систему линейных алгебраических уравнений:

$$b_0 \cdot m + b_1 \cdot \sum_{i=1}^m z_{1i} + b_2 \cdot \sum_{i=1}^m z_{2i} + \dots + b_k \cdot \sum_{i=1}^m z_{ki} = \sum_{i=1}^m y_i;$$

$$b_0 \cdot z_{1i} + b_1 \cdot \sum_{i=1}^m z_{1i}^2 + b_2 \cdot \sum_{i=1}^m z_{2i} \cdot z_{1i} + \dots + b_k \cdot \sum_{i=1}^m z_{ki} \cdot z_{1i} = \sum_{i=1}^m y_i \cdot z_{1i};$$

$$b_0 \cdot z_{ij} + b_1 \cdot \sum_{i=1}^m z_{1i} \cdot z_{ij} + b_2 \cdot \sum_{i=1}^m z_{2i} \cdot z_{ij} + \dots + b_k \cdot \sum_{i=1}^m z_{ki} \cdot z_{ij} = \sum_{i=1}^m y_i \cdot z_{ij};$$

.....

$$b_0 \cdot z_{ki} + b_1 \cdot \sum_{i=1}^m z_{1i} \cdot z_{ki} + b_2 \cdot \sum_{i=1}^m z_{2i} \cdot z_{ki} + \dots + b_k \cdot \sum_{i=1}^m z_{ki}^2 = \sum_{i=1}^m y_i \cdot z_{ki}. \quad (7)$$

Таким образом, задача оценки неизвестных коэффициентов уравнения линейной регрессии сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений относительно коэффициентов b_i , $i = 0, 1, \dots, k$, что может быть выполнено численными методами на ЭВМ.

Результатом моделирования в таком случае будет модель результативного фактора y от воздействующих факторов следующего вида (на рис. 1 приведена зависимость удельного расхода электроэнергии от выпуска продукции).

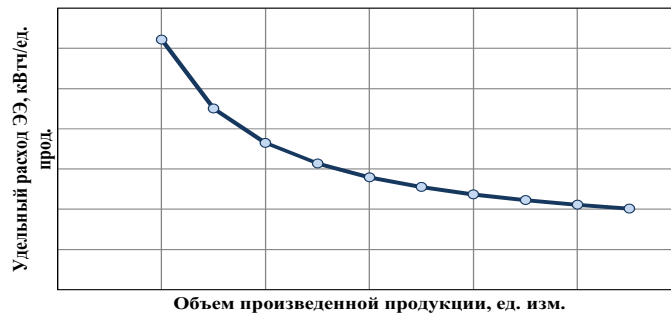


Рис. 1. Зависимость удельного расхода электроэнергии от выпуска продукции

Так как целью построения модели режима потребления ТЭР является прогнозирование расхода энергоресурса, то к качеству полученной модели предъявляются высокие требования. Критериями качества модели служит величина среднеквадратического отклонения погрешности модели.

Для определения среднего абсолютного отклонения необходимо определить величину дисперсии погрешности модели по выражению

$$D_{abs} = \frac{\sum_{i=1}^m (y_i - \hat{Y}_i)^2}{m - k - 1}, \quad (8)$$

где \hat{Y}_i — прогнозируемые значения результативного признака при заданных значениях факторных признаков; y_i — фактические значения результативного признака.

Величиной среднего абсолютного отклонения является величина:

$$\sigma = \sqrt{D_{abs}}. \quad (9)$$

Таким образом, на основе методов математической статистики, включая регрессионный и корреляционный анализ, можно разработать расчетно-статистические модели режимов электропотребления ТЭР, которые позволяют производить:

- диагностирование энергоэффективности существующих режимов производства;
- прогнозирование и потребление ТЭР в условиях изменяющейся производственной программы;
- оценить эффективность внедрения энергосберегающих мероприятий на промышленных предприятиях.

СЕКЦИЯ IV РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, АВТОМАТИКА, ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ, СВЯЗЬ

УПРАВЛЕНИЕ МОБИЛЬНЫМ НАЗЕМНЫМ РОБОТОМ В НЕДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ УСЛОВИЯХ С ПРЕПЯТСТВИЯМИ

А. И. Беликова, А. А. Мигдаленок

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель В. А. Савельев

В настоящее время мобильные наземные роботы (МНР) привлекают все большее внимание исследователей в связи с их широким применением. Мобильные наземные роботы должны иметь возможность автономного функционирования в динамичных и недетерминированных средах. Все чаще предъявляется требование избегать столкновений со стационарными препятствиями и подвижными объектами. На выполнение указанных требований направлен ряд современных подходов к конструированию систем управления автономными роботами, функционирующими в недетерминированных средах [1], [2].

Для решения задачи обнаружения и обхода препятствий использован способ, суть которого поясняет алгоритм, представленный на рис. 1. При обнаружении препятствия робот выбирает оптимальную траекторию объезда. Для этого вначале робот (или датчик) поворачивается несколько раз на определенный угол в одном из направлений объезда до тех пор, пока не будет обнаружен край препятствия. При этом запоминается количество поворотов. После чего аналогичная операция производится в противоположном направлении. При этом так же запоминается количество поворотов. Количество поворотов в одном и другом направлении сравнивается. Робот производит объезд препятствия в направлении меньшего количества поворотов.

Основными достоинствами такого способа являются: высокая степень точности, которая составляет $\pm 0,3$ см; возможность определения препятствия на расстоянии; большой диапазон определяемых расстояний – от 2 до 450 см. Способ не чувствителен к условиям освещенности и отражающим поверхностям.

На основании данного способа реализовано управление МНР с использованием ультразвукового датчика для навигации в неопределенных условиях. Мобильный наземный робот состоит из платформы, на которой смонтированы модули микроконтроллера, датчиков, управления мотор-редукторами, сами мотор-редукторы, связанные с двумя ведущими колесами, дополнительное опорное колесо, а также источник электроэнергии.

Для решения задачи обнаружения и объезда препятствия мобильный робот оснащен ультразвуковым датчиком расстояния типа HC-RS04 с рабочим напряжением 5 В, расстоянием обнаружения $(2-450) \pm 0,3$ см, углом обзора 40 градусов, рабочей частотой 40 Гц. Датчик оснащен первым пьезоэлементом, который излучает ультразвуковую волну, и вторым пьезоэлементом, который принимает эту же волну с последующим формированием импульсного сигнала с длительностью, пропорциональной расстоянию до объекта.

В процессе решения задачи установлено, что существует огромное множество способов обнаружения и алгоритмы преодоления препятствий. Проведены экспериментальные исследования системы управления движением МНР, который способен двигаться по заданному маршруту и обнаруживать препятствия.

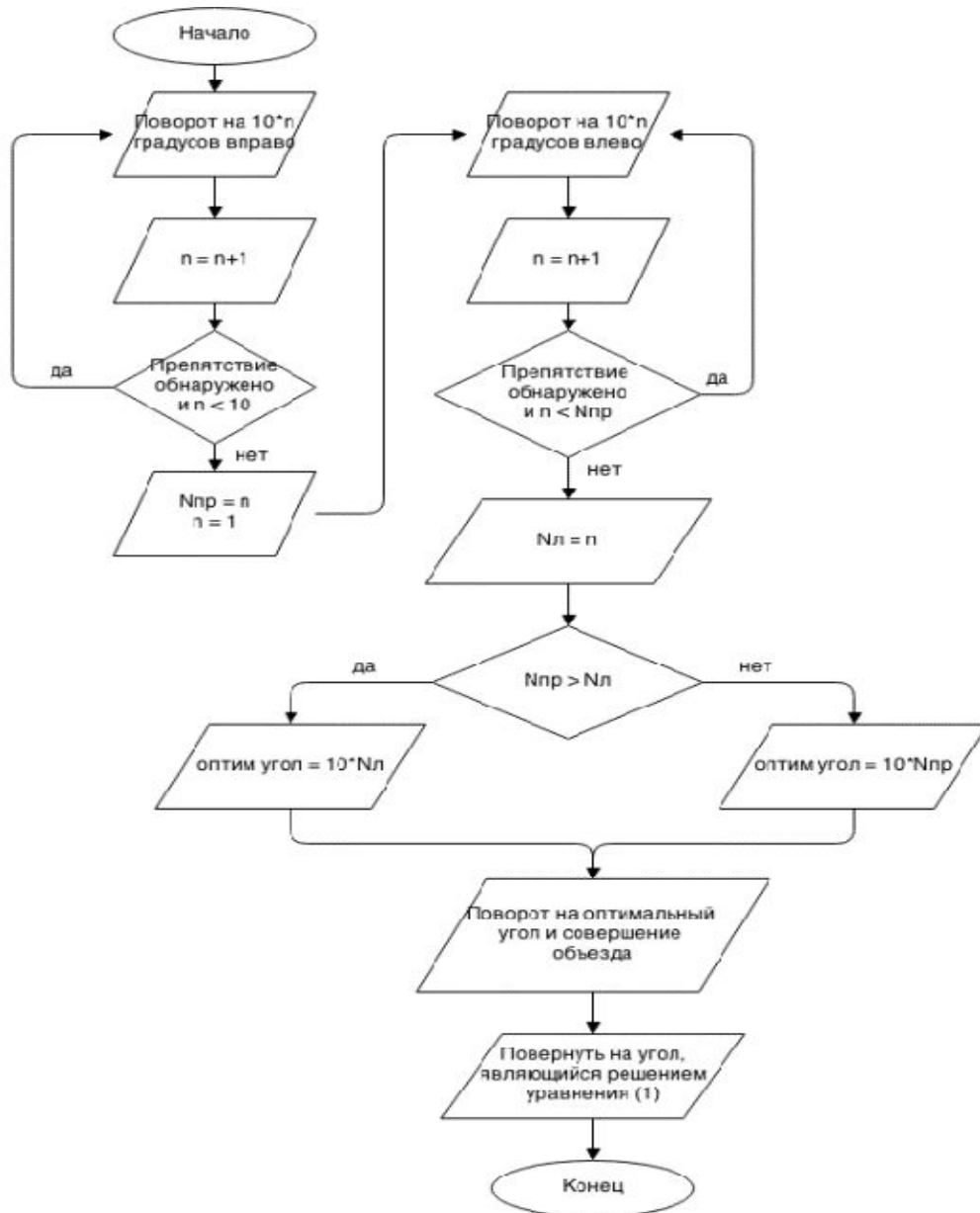


Рис. 1. Алгоритм движения робота при использовании ультразвукового датчика

Литература

1. Организация программного движения мобильного робота при обходе препятствий / А. Б. Бушуев [и др.] // Современ. тенденции в образовании и науке. – 2013. – № 7.
2. Лисицкий, Д. Л. Выбор структуры системы автоматического управления траекторным движением мобильного робота / Д. Л. Лисицкий // Вестн. Саратов. гос. техн. ун-та. – 2009. № 4 (43). – С. 108–110.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОПЕРАТОРСКАЯ ПАНЕЛЬ С ГРАФИЧЕСКИМ ДИСПЛЕЕМ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ ПОДСВЕТКОЙ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ

Н. Н. Быков

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель А. В. Ковалев

В настоящее время необходимо часто контактировать с электронными устройствами различного назначения. Для работы и управления ими применяются устройства ввода, реализованные на различных принципах действия – эти устройства называются операторскими панелями.

Панель оператора – это устройство, которое позволяет быстро ввести и отобразить ряд информации, что дает возможность при помощи специализированного порта обмениваться данными с контроллером или удаленным компьютером. Прибор позволяет управлять отдельными устройствами и даже целыми технологическими процессами, входящими в АСУ ТП.

Панель оператора – плоская конструкция с дисплеем и органами управления, которая защищена от неблагоприятного влияния окружающей среды и механических повреждений. Благодаря небольшой толщине, прибор легко поместить на панель управления или на дверцу шкафа, в котором содержится автоматизированное устройство.

В состав операторской панели входят:

- 1) сенсорный графический, текстовый или текстово-графический экран, который применяется для отображения данных;
- 2) техническое средство для выбора и ввода информации, в качестве которого могут выступать кнопки, клавиатура, сенсорный экран, джойстик или манипулятор;
- 3) интерфейсы связи, позволяющие обмениваться информацией с другим оборудованием и системами;
- 4) энергозависимая (ОЗУ) и энергонезависимая (Flash) память, в которой хранятся операционная система, программы поддержки проекта и управления объектом;
- 5) специализированная ПО.

Часто операторские панели в автоматизированных системах применяются как пульт управления. Чтобы получить информацию о процессе, они обмениваются данными с контроллерами и другими промышленными приборами при помощи производственной сети. При этом панели могут обмениваться информацией одновременно с несколькими контроллерами, которые могут быть изготовлены как одним, так и разными производителями.

Панель оператора в паре с контроллером позволяет обеспечить управление промышленным оборудованием практически без участия обслуживающего персонала или при его минимальном вмешательстве.

Довольно часто операторские панели интегрируются в АСУ ТП или АСУП, обмениваясь с этими системами информацией, необходимой для управления производственным процессом. Как правило, эта связь выполняется при помощи локальной сети предприятия или интерфейса Industrial Ethernet.

Одним из недостатков обычной операторской панели – это привязка функций к отдельным клавишам. Как правило, во время работы часть клавиш оказывается не задействована. Следовательно, лишние клавиши напрасно увеличивают размер рабочей панели. Вследствие этого можно заменить клавиатуру с большим числом кла-

виш, имеющих определенное назначение, на небольшую группу кнопок, расположенных по краям дисплея. При этом функция, которую выполняет клавиша, будет определяться в ходе работы с панелью. Вследствие такого изменения мы сможем сделать операторскую панель более компактной за счет уменьшения количества клавиш.

Основные характеристики клавиатур:

- степень защищенности характеризует защищенность устройств от проникновения твердых предметов, пыли и воды (IP54, IP67...);
- защищенность от агрессивных сред характеризует устойчивость клавиатуры при воздействии на нее таких сред, как: масло, растворители, пар, абразив и т. д.;
- рабочий диапазон температур – это верхняя и нижняя граница диапазона температур, в пределах которой устройство пригодно к эксплуатации и соответствует установленным характеристикам;
- усилие нажатия – это усилие, которое необходимо приложить к клавише для ее срабатывания;
- наличие ночной подсветки;
- размеры контактных площадок клавиш;
- формы клавиш;
- вибронегруженность;
- виброустойчивость – это способность изделия выполнять свои функции при воздействии вибрации.

Одним из важных параметров устройств ввода является наличие подсветки, которая позволяет использовать устройство как в ночное время, так и в условиях недостаточной освещенности.

Основные способы реализации ночной подсветки можно классифицировать следующим образом: местная подсветка, с использованием световода, светодиодная подсветка, электролюминесцентная подсветка [1].

Исходя из вышеперечисленных достоинств и недостатков существующих вариантов подсветок наиболее рациональным для организации плоской клавиатуры с подсветкой является электролюминофорный тип. Панель подсветки является плоским пленочным конденсатором с прозрачным электродом. Цвет свечения люминофора зависит от величины приложенного напряжения и частоты, он может быть синим, зеленым, желтым и белым.

Функциональная схема организации многофункциональной операторской панели с графическим дисплеем и энергоэффективной подсветкой органов управления представлена на рис. 1.

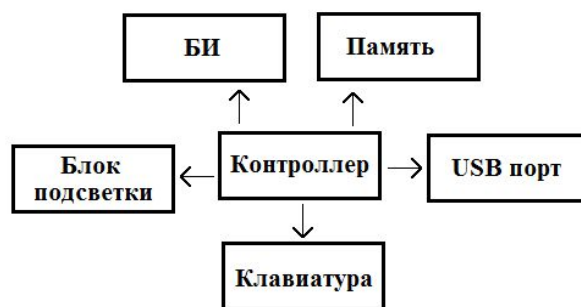


Рис. 1. Функциональная схема организации многофункциональной операторской панели с графическим дисплеем и энергоэффективной подсветкой органов управления

Для организации блока индикации существуют следующие технические решения – дисплей со встроенным контроллером и дисплей без встроенного контроллера. Каждому из этих способов присущи достоинства и недостатки. К достоинствам первого способа можно отнести: малое количество линий связи, не требуется высокопроизводительный процессор для работы, простота модификации изображений; а второго способа: дешевизна и независимость от сторонних библиотек. Соответственно, к недостаткам первого способа можно отнести: привязка к интерфейсу промежуточного контроллера, ограниченность бесплатным программным обеспечением либо вследствие уникальности контроллера малое распространение библиотек для работы; а второго способа: требуется высокая производительность дисплея, которая растет с увеличением разрешения и размера дисплея, большое количество линий связи, создание своих программных модулей и библиотек.

Исходя из анализа современных электронных средств в качестве элементной базы для решения поставленной задачи были выбраны следующие компоненты:

1. Микроконтроллер PIC32MZ2064DAG169 с интегрированным графическим контроллером, графическим процессором и встроенной памятью 32 МБ DDR2 DRAM имеет высокий уровень производительности и качества при работе с различной графикой.

2. Дисплей WaveShare Raspberry Pi со следующими параметрами: диагональ 7 дюймов, тип организации LCD, диапазон температур 0–70 °С, разрешение 1024 x 600, интерфейс связи HDMI.

3. Компонент организации энергоэффективной подсветки – драйвер фирмы Microchip HV809SG-G [2].

Эскиз операторской панели с переобозначением функций нажимаемых клавиш посредством пиктограмм на дисплее представлен на рис. 2.

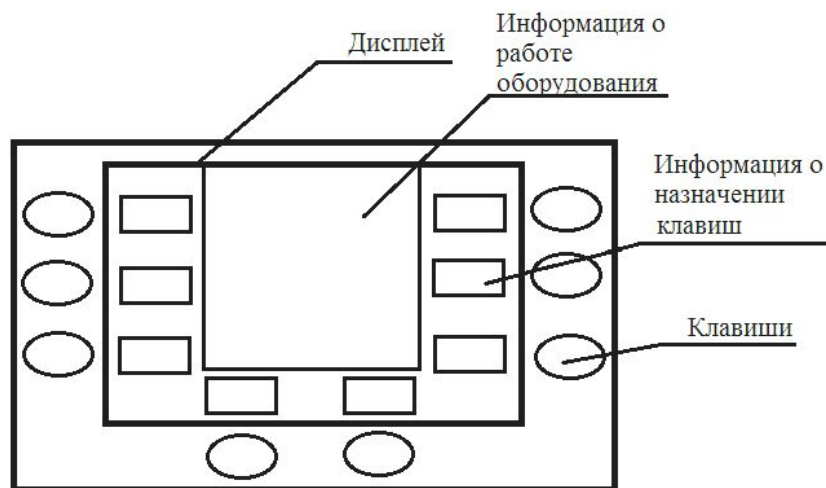


Рис. 2. Эскиз операторской панели с переобозначением функций нажимаемых клавиш посредством пиктограмм на дисплее

В заключение можно сказать, что организация операторской панели предложенным способом позволит организовать расширенный функционал панели с малым количеством оперативных органов управления при сохранении требований, предъявляемых к данному классу изделий.

Литература

1. Быков, Н. Н. Энергоэффективная подсветка операторской панели модуля управления технологического оборудования / Н. Н. Быков // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XVII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 27–28 апр. 2017 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2017. – С. 339–342.
2. HV809SG-G Datasheet. – Режим доступа: <http://www.supertex.com/packaging.html> 01.04.2017.

**STRUCTURE OF AUTOMATED HYDROMETEOROLOGICAL /
ENVIROMENTAL STATION IN THEOREMS-DNIPRO
INTERNATIONAL PROJECT**

Uladzimir Vernikouski

Sukhoi State Technical University of Gomel, Republic of Belarus

Research supervisor Yury Kryshneu, PhD

Ukraine and Republic of Belarus has more than 600 km of the joint border. The border has crossed many rivers, such as Pripyat, Sozh, and the biggest one – Dnipro. At the current moment there is no transboundary water basin organization. Both countries keep in touch in different areas, but they take place just on the organization level (i.e. border guards, emergency services, hydrometeorology organizations). Other countries have already had transboundary organization that deal with water pollution and joint using of transboundary water resources, e. g. International Commission for the Protection of the Odra River against Pollution. In accordance to the Convention on the Law of the Non-navigational Uses of International Watercourses such transboundary water basin organization should do some functions, among which:

- collect, compile and evaluate data in order to identify pollution sources that generate cross-border impact;
- development of joint programs for monitoring quality and quantity of resources;
- establishment of warning procedures, without delay and by the most expeditious means available, notify other potentially affected States and competent international organizations of any emergency originating within its territory (i. e. floods, water pollutions, etc.).

As part of the project it is planned to create two unified automated hydrometeorological / ecological stations in the area of long-term hydrometeorological observations (in Belarus – gauging station «Loew», in Ukraine – gauging station «Lubech»).

The complex of scientific and engineering activities of the project covers the following aspects:

- creation of a sensor system with a set of transducers (water level, water temperature, wind temperature wind speed, precipitation, qualitative water analysis of the main pollution markers);
- development of the AHMES power supply system using the principles of «green» energy;
- capital construction of two AHMES stations in Belarus and Ukraine;
- software development for AHMES;
- development of a Web-based service for visual and numerical presentation of measured information to hydrological and meteorological services, radiation monitoring and environmental monitoring services in Belarus and Ukraine;
- creation of a telecommunication system for prompt informing the Ministry of Emergency Situations of Belarus and Ukraine about the dangerous levels of the parameters recorded.

Structurally, the hydrometeorological and ecological station AHMES consists of a data acquisition module, a required set of sensors, an information transfer module, and a power supply module. Each specific sensor in the station will measure one specific parameter.

Figure 1 shows the structural diagram of AHMES measuring station.

The most important parameters for the local people are the water quality and water level of the Dnipro River. It should be noted that in case of harmful substances release into the river, in the absence of a timely response, the number of affected people may be noticeably greater, hence the main emphasis is measuring precisely these parameters.

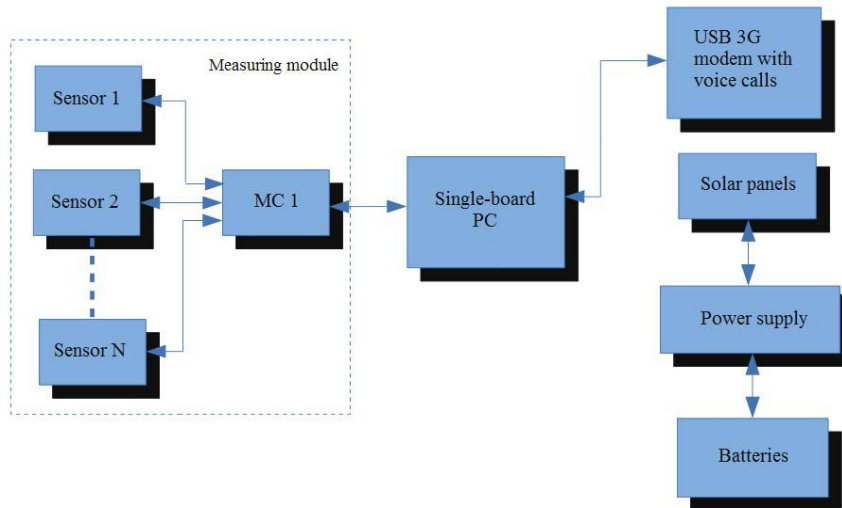


Fig. 1. Structural diagram of AHMES measuring station

The measuring system of the complex station AHMES will consist of several elementary measuring stations connected together on the central server, from which the already processed information would flow both to the Web-server, to inform the population about measured parameters, and to dispatching areas of the emergency services of Belarus and Ukraine.

Figure 2 shows the structural diagram of complete AHMES measuring system.

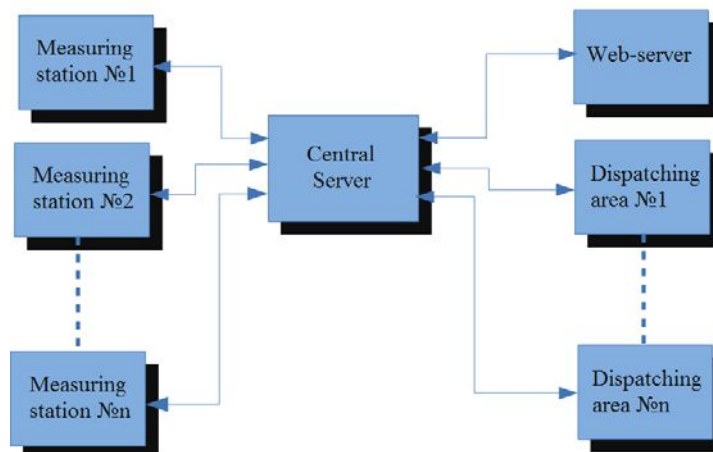


Fig. 2. Structural diagram of AHMES measuring system

In the construction of hydro-meteorological and environmental AHMES station is planned to realize the measurement of the following parameters:

- hydrology: water level and temperature;
- weather: air temperature and humidity, atmospheric pressure, wind speed and direction, rainfall;
- environmental: pH, dissolved oxygen, specific conductance, chloride ions, sulfate ions.

To measure the *water level* it is possible to use a radar level gauge or hydrostatic probe. Radar sensor require large capital costs for installation, therefore, preference is given to the hydrostatic probe (Keller Series PAA-36 X W). Estimated measuring range 0–20 m [1].

For reliable and accurate measurements of *water temperature* it is required the sensor (Vaisala QMT110) with the measuring range of $-10 - +50$ °C and accuracy of at least 0,5 °C with analog or digital output [2].

For reliable and accurate measurement of *air temperature, atmosphere pressure and humidity* it is required the sensor (Vaisala WXT534) with the digital output (RS485 interface) and the measuring ranges of:

- temperature: $-50 - +50$ °C and accuracy of at least 0,5 °C;
- atmosphere pressure: 500 – 1100 hPa (375–825 mm Hg);
- humidity: 0 – 100 % and accuracy of not less than 2 % [3].

To measure *wind speed and direction* it is required compact size combined into one unit wind speed and direction sensor (Vaisala WXT532), with the possibility of heating for work in the cold season. Wind speed measurement range up to 75 m/s.

To measure the *amount of precipitation* is expected to use a recording rain gauge (OTT Pluvio L) with a tipping bucket.

To control the *quality of water* is planned to carry out the measurement of the following main parameters in running water: pH, redox potential, chloride, nitrate;

To collect data from sensors and *data transmission* via GSM / GPRS modem is required.

In order to use *renewable energy sources*, the AHMES station will be powered by a 36 W rechargeable battery recharging by a solar panel.

The data of the main meteorological values will be recorder every 10-minute intervals, which end at 21, 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 h UTC [4].

Conclusion

1. As a result of the project implementation two AHMES automated hydrometeorological/environmental monitoring stations which monitor the main hydrological, meteorological and hydroecological parameters in the transboundary area of the Dnipro River will be developed, installed and tested.

2. The implementation of the project will promote awareness of citizens about international problems in the field of water resources and their impact on living conditions and economic activities in the transboundary areas of the Dnipro Basin.



The project is co-funded by
the European Union



List of sources used

1. Highly Precise Level Transmitters Keller Series PAA-36 X W. User manual and specifications.
2. Soil / Water Temperature Probe Vaisala QMT110. Main features, specifications and technical data.
Vaisala Weather Transmitter WXT530 Series. User manual and technical information.
3. Правила проведения приземных метеорологических наблюдений и работ на станциях : ТКП 17.10-12-2009. – Введ. 01.04.09. – Минск : Охрана окружающей среды и природопользование : Минприроды, 2009. – 182 с.

**АППАРАТНО-ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ
УНИВЕРСАЛЬНОГО ТРЕХКООРДИНАТНОГО СТАНКА
С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

Е. В. Воинов, М. А. Бышик

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель В. А. Савельев

Устройства с числовым программным управлением (ЧПУ) находят широкое применение в промышленности (фрезерные и токарные станки), медицине (3D-печать суставов, костей, протезов, органов), строительстве (3D-печать домов), архитектуре. Ввиду такого многообразия применений и режимов работы устройств с ЧПУ в процессе подготовки специалистов с высшим образованием наиболее удобным средством практического изучения принципов построения и особенностей управления служит физическое моделирование.

В связи с этим актуальным является создание физической модели универсального трехкоординатного станка с ЧПУ, которая позволит:

- исследовать и разрабатывать новые алгоритмы управления устройствами с ЧПУ;
- углубить знания в различных средах разработки для создания систем с ЧПУ;
- наглядно демонстрировать технологические перемещения при моделировании на станке с ЧПУ.

В процессе создания физической модели станка необходимо решить следующие задачи:

- 1) разработать кинематическую часть модели;
- 2) разработать схему управления шаговыми электродвигателями;
- 3) разработать программное обеспечение для микроконтроллера, обеспечивающее работу модели.

В ходе решения поставленных задач разработана функциональная схема модели трехкоординатного станка, которая представлена на рис. 1.

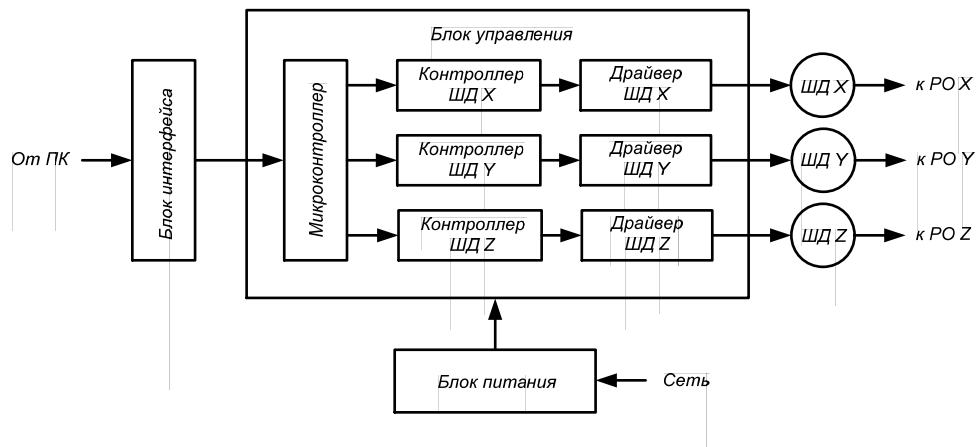


Рис. 1. Функциональная схема модели

Блок интерфейса служит для связи блока управления с персональным компьютером (ПК). С помощью блока управления можно осуществлять запись управляющей программы в микроконтроллер блока управления. После чтения программы микроконтроллер формирует сигналы, которые поступают на контроллеры шаговых двигателей (ШД) по каждой из координат. Контроллеры ШД задают режим работы ШД и подают сигналы управления на драйверы ШД соответствующих координат. Последние, в свою очередь, управляют ШД по каждой из координат и приводят в движение рабочие органы (РО).

Объединяя в себе двигатель и позиционирующее устройство без обратной связи, ШД является идеальным в станках с ЧПУ.

Разместив три привода от DVD в различных плоскостях, получим компактную модель станка (рис. 2), которая позволяет осуществлять движение в трех координатах – X, Y, Z.

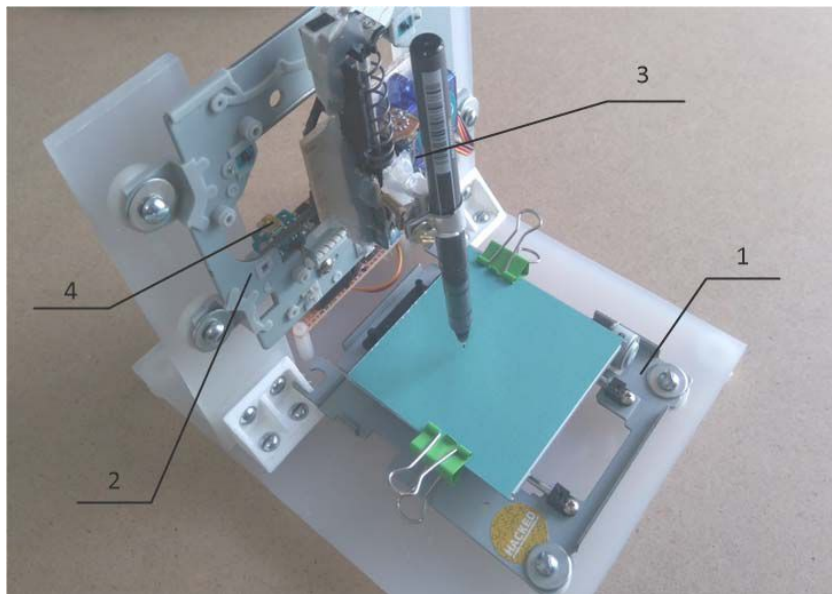


Рис. 2. Физическая модель устройства с ЧПУ:
1 – привод координаты X; 2 – привод координаты Y;
3 – привод координаты Z; 4 – блок управления

В процессе решения задачи разработки схемы блока управления использовано решение, которое позволило легко управлять шаговыми двигателями, а именно: комбинация драйвера ШД L293E и контроллера ШД L297. Использование микросхемы контроллера ШД снижает нагрузку на микроконтроллер за счет того, что последний формирует только сигналы синхронизации, направления вращения и режима работы ШД. Распределением же импульсов по фазам ШД занимается контроллер ШД.

В блоке управления может быть использован любой 8-битный микроконтроллер, например, микроконтроллер Atmega168. К достоинствам микроконтроллеров семейства Mega фирмы Atmel можно отнести быстродействие и производительность, легкодоступность и невысокую цену, доступность программного обеспечения и средств поддержки разработки.

Современные устройства с ЧПУ управляются при помощи языка программирования G-code, поэтому управляющая программа ориентирована на данный язык. В качестве среды разработки используется программная среда «AVR Studio».

Траектория перемещения в программе задается значениями координат отдельно взятых точек (опорные координаты). А сам характер движения между опорными точками определяется видом интерполяции, которая заключается в аппроксимации какой-либо сложной траектории движения другой, более простой.

Простейшим интерполятором является линейный. Принципиально сколь угодно сложную кривую можно аппроксимировать с помощью отрезков прямых. В современных устройствах ЧПУ широко используется метод оценочной функции (МОФ), при котором микроконтроллером моделируется алгебраическое уравнение воспроизводимой кривой. Оценочная функция i -й точки траектории F_i :

$$F_i = y_i \Delta x - x_i \Delta y. \quad [1]$$

Алгоритм оценочной функции основан на анализе с определенной частотой знака оценочной функции. В зависимости от этого знака выдается сигнал приращения по одной из координат.

В процессе разработки управляющей программы выполнялось моделирование работы станка в системе автоматизированного проектирования (САПР) Proteus Design Suite (рис. 3).

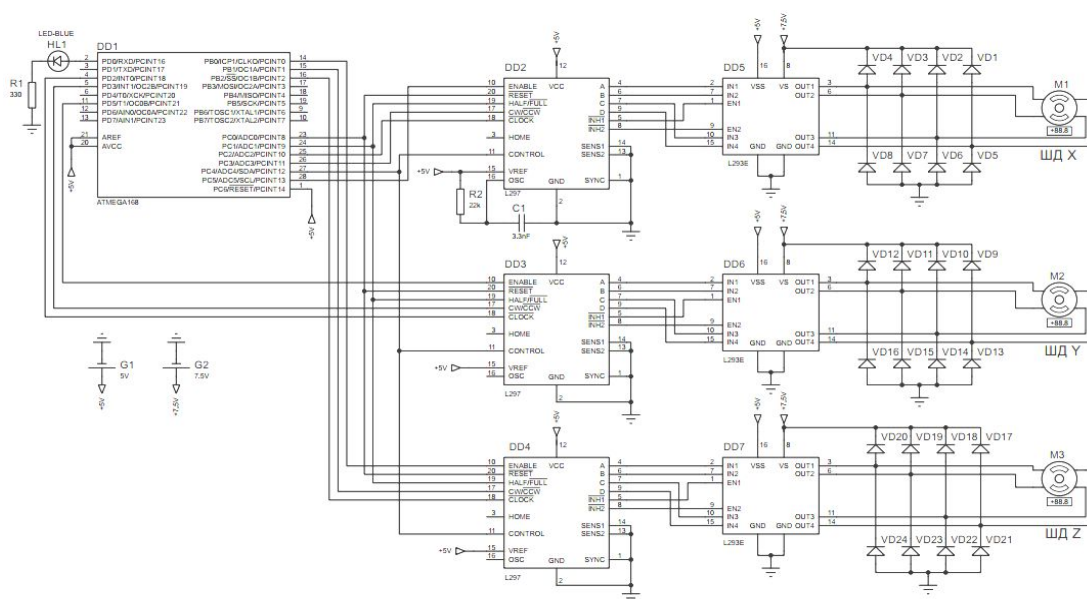


Рис. 3. Схема модели в САПР Proteus

Устройство обладает следующими характеристиками: рабочая зона X/Y : 40/35 мм; напряжение питания – для блока управления 5 В, для ШД 7,5 В; потребляемый ток – для блока управления 0,5 А, для ШД 1,2 А.

Разработанная модель позволяет осуществлять движение рабочего органа по заданной траектории в соответствии с круговой и линейной интерполяцией по методу оценочной функции, что дает возможность проводить учебно-исследовательские занятия в процессе подготовки технических специалистов, компетентных в области работы с устройствами ЧПУ. В перспективах развития модели расширение системы команд программы, а также улучшение текущих и реализация других алгоритмов интерполяции.

Л и т е р а т у р а

1. Гжиров, Р. И. Программирование обработки на станках ЧПУ : справочник / Р. И. Гжиров, П. П. Серебrenицкий. – Л. : Машиностроение, 1990. – 588 с.

УМЕНЬШЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ПИТАЮЩУЮ СЕТЬ

Е. В. Воинов, М. А. Бышик

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель М. Н. Погуляев

Широкое использование в современных электротехнических комплексах различного назначения регулируемых систем с полупроводниковыми преобразователями (ПП) электрической энергии требует дальнейшего совершенствования их энергетических подсистем (ЭП). Полупроводниковый преобразователь является неотъемлемой частью современных систем электропитания технологических объектов, а также систем автоматизированного электропривода и обеспечивает их электрической энергией требуемого вида и качества. В связи с тем что за последнее десятилетие ужесточились требования международных и отечественных стандартов к качеству энергопотребления, возникла необходимость пересмотра и доработки существующих методик расчета и проектирования. Существует проблема отрицательного влияния высших гармоник, создаваемых ПП, на работу промышленных электросетей, системы автоматизации, телемеханики и связи, которые уменьшают надежность и срок службы электрооборудования. Это и обусловило возникновение новой научно-технической проблемы – проблемы высших гармоник и электромагнитной совместимости нагрузок с питающей сетью. Определение составляющих полной мощности на основе разложения на гармоники является сложной и трудоемкой операцией, однако перспективность его использования обусловлена тем, что требования международных стандартов IEC 61000-3, IEEE 519, EN 61000-3-2 жестко регламентируют уровень гармонических составляющих тока, потребляемого электротехническим устройством, вплоть до 49 гармоники.

Таблица 1

Нормы допустимых напряжений высших гармоник бытовых сетей

n	3	5	7	9	11	13	$15 < n < 19$	2	$4 < n < 40$
$U_n, \%$	0,85	0,65	0,6	0,4	0,4	0,3	0,25	0,3	0,2

Целью работы является исследование и анализ влияния преобразователей на питающую сеть, а также анализ методов и средств по уменьшению их влияния. Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- 1) произвести анализ влияния преобразователя на питающую сеть в виртуальной лаборатории MATLAB;
- 2) изучить методы и средства по уменьшению влияния преобразователей на питающую сеть.

Так как во многих электрических сетях и системах ПП являются одним из основных видов нагрузки, преобразователь является для сети нелинейной нагрузкой, и его работа оказывает влияние на режимы работы сети, особенно если мощности преобразователя и сети соизмеримы.

Наибольшее влияние оказывает несинусоидальность напряжения. Неблагоприятное влияние возникает из-за резонансных явлений на частотах высших гармоник. Последствиями могут быть:

- снижению КПД;
- завышение требуемой мощности;
- нагрев и дополнительные потери в трансформаторах и электрических машинах;
- нагрев кабелей распределительной сети.

Для анализа влияния преобразователей на питающую сеть в виртуальной лаборатории MATLAB/Simulink реализована модель энергоподсистемы, где в качестве нагрузки выступает двигатель постоянного тока (ДПТ) или переменного тока. Эта программа позволяет исследовать схему, используя обширную библиотеку компонентов, что позволяет избежать реального моделирования системы и снижает затраты на материалы и оборудование.

Модель включает в себя отдельные элементы ЭП: источник питания, сетевой трансформатор, вентильный блок. Двигатели постоянного и переменного токов представлены как активно индуктивная нагрузка с источником противо-ЭДС. Информационная подсистема включает блок измерения полной мощности и ее составляющих блока, а также блоки измерения гармоник тока и напряжения.

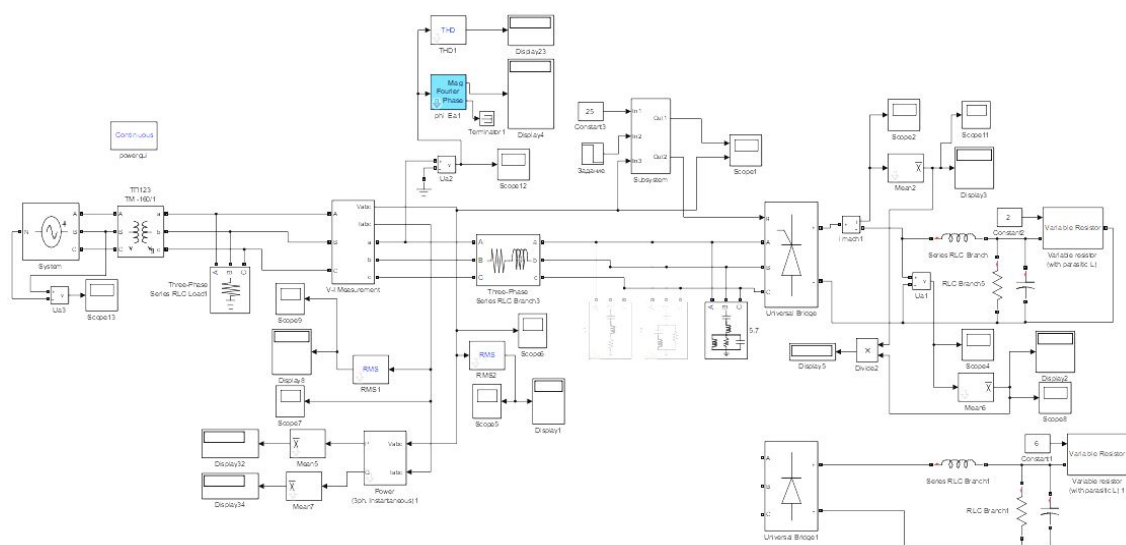


Рис. 1. Имитационная модель энергоподсистемы

Для улучшения качества как выходного напряжения силового преобразователя электроэнергии, так и формы кривой сетевого напряжения питающего преобразователь применяются фильтры. Основой энергетических фильтров высших гармоник являются последовательные индуктивно-емкостные резонансные цепи, настроенные на соответствующие номера гармоник. Обычно фильтры настраиваются на гармоники с номерами $n = 5, 7, 11, 13$. Параметры каждой резонансной ветви фильтра определяются из условия:

$$n\omega L_{\Phi} = \frac{1}{n\omega C_{\Phi}}. \quad (1)$$

При исследованиях в модели использовался силовой трехфазный трансформатор мощностью 160 кВА. Нагрузка задавалась в процентах от номинальной мощности трансформатора. На рис. 2 и 3 предоставлены результаты исследований – уровни гармоник напряжений при различных мощностях нагрузки. Видно, что с приближением мощности нагрузки к мощности трансформатора (табл. 2) растет коэффициент гармоник. Также исследования показали, что при подключении фильтров уровень гармоник снижается и одновременно уменьшится потребляемая из сети реактивная мощность.

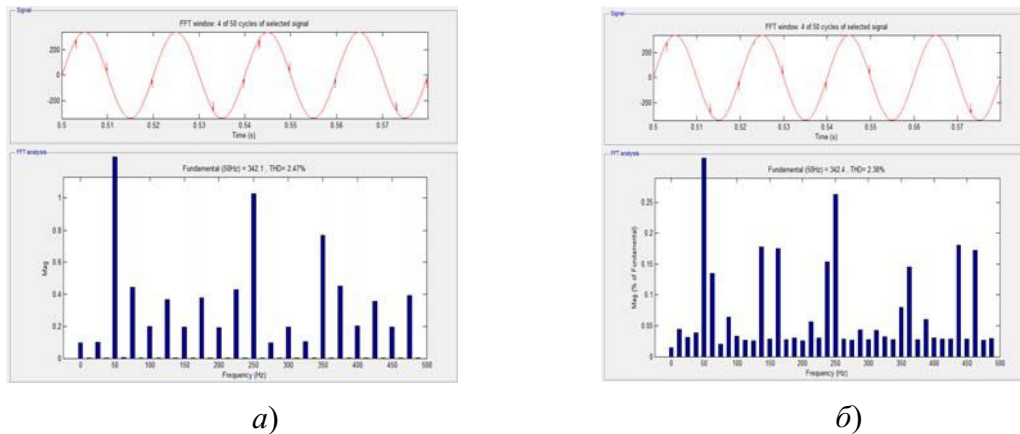


Рис. 2. Гармоники напряжения: а – без фильтра и б – с фильтром при нагрузке 6 %

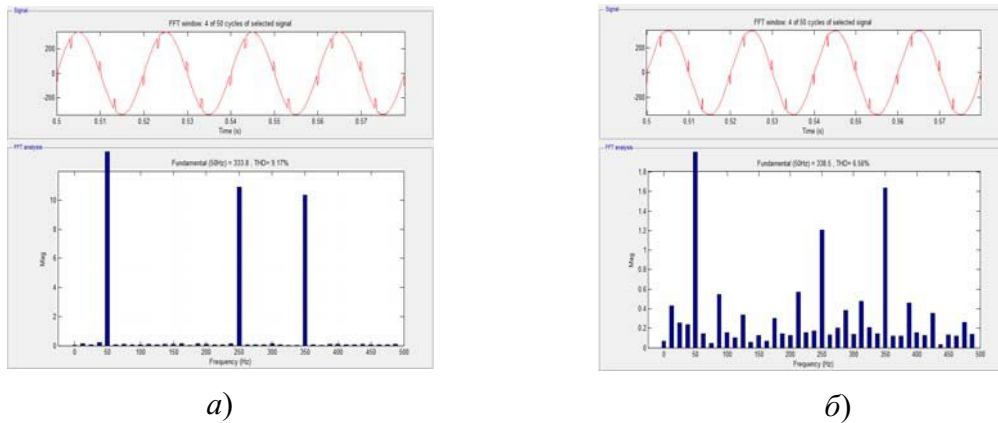


Рис. 3. Гармоники напряжения: а – без фильтра и б – с фильтром при нагрузке 72 %

Зависимость коэффициента гармоник от мощности нагрузки

Коэффициент гармоник напряжения без фильтра, %	Коэффициент гармоник напряжения с фильтром, %	Мощность нагрузки, % от $S_{ном.тр}$
2,47	2,26	6
6,13	5,17	34
9,17	6,56	72

В результате исследований было установлено, что применение фильтров целесообразно при больших (соизмеримых) мощностях нагрузки, когда требуется не только улучшить гармонический состав напряжения сети, но и скомпенсировать реактивную мощность по основной гармонике.

Литература

1. Горбачев, Г. Н. Промышленная электроника : учеб. для вузов / Г. Н. Горбачев, Е. Е. Чаплыгин; под ред. В. А. Лабунцова. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 320 с.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕГУЩЕЙ СТРОКИ С СИСТЕМОЙ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА

А. А. Войтик

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. В. Сахарук

В настоящее время беспроводные технологии широко применяются в различных сферах человеческой жизни. Медицина, производство, сфера обслуживания, образование, быт и т. д. Это позволяет эффективно и экономично организовывать труд людей, расходовать ресурсы, экономить время. Многие компании, производящие технику, вплотную применяют возможность взаимодействия гаджетов с Wifi. Для развития общества очень важно совершенствоваться, не отставать от передовых стран, автоматизировать процессы, применяя при этом новые решения. Не стоит также забывать о уже существующих устройствах, усовершенствовав которые, можно сэкономить время, нервы, силы и деньги на разработке чего-либо нового.

Цель работы – разработка информационной бегущей строки с удаленным доступом.

Существуют светодиодные панели с динамической и статической разверткой. С динамической (рис. 1, а) разверткой целесообразно изготавливать табло размером до 2 м. На рис. 3 представлены структуры табло с динамической разверткой. Табло такого типа выполняются, как правило, в одном корпусе и с закрытыми светодиодами. В случае установки табло на улице на солнечной стороне возможно изготовление табло с открытыми светодиодами. Если требуется изготовить информационное табло с большим разрешением, то добавляются только дополнительные модули светодиодных драйверов, меняется прошивка процессорного модуля и устанавливается источник питания большей мощности.

Со статической разверткой (рис. 1, б) рекомендуется изготавливать модульные информационные табло большого размера. При статической развертке светодиоды

работают в более мягком режиме. И при этом отдают максимальную яркость. Минусами статической развертки является увеличение количества используемых светодиодных драйверов и увеличение мощности источника питания. Поэтому динамическая развертка предпочтительнее для LED-панелей небольшого размера, например, для бегущих строк, используемых в транспорте.

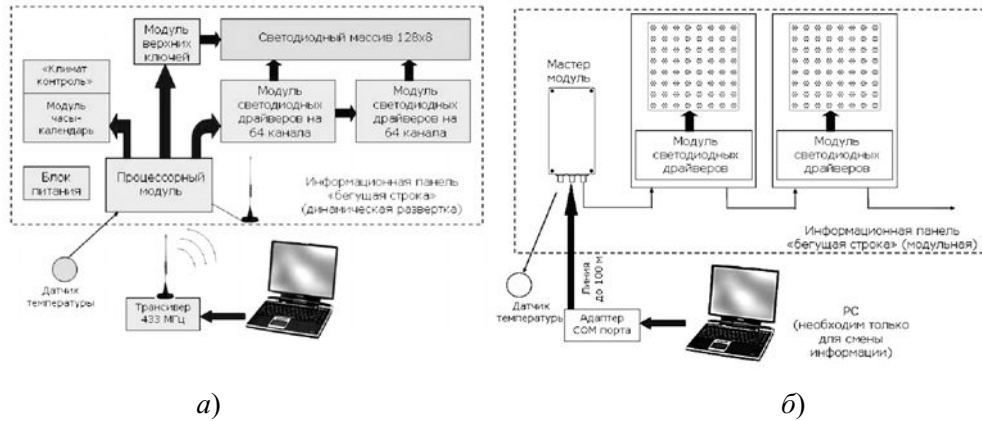


Рис. 1. Структура бегущей строки:

а – с динамической разверткой; б – со статической разверткой

Существующие на рынке бегущие строки выпускают без возможности удаленного доступа. Что, на мой взгляд, является минусом данных устройств. Хороший пример – светодиодная бегущая строка, которая располагается на кафедре «Промышленная электроника». Внедрение беспроводных технологий позволит обновлять информацию для студентов и сотрудников на расстоянии, что очень важно, учитывая загруженный график заведующего кафедрой и постоянные командировки.

Для изготовления однокорпусной информационной бегущей строки с удаленным доступом потребуются следующие модули: светодиодные матрицы, светодиодные драйверы или сдвиговые регистры (в виде отдельных модулей, либо установленные прямо на светодиодных матрицах), модуль верхних ключей (предназначен для организации динамической развертки), процессорный модуль (ATMEGA1281), источник питания, выносной датчик температуры (DS18B20), адаптер COM порта (для проводной связи с компьютером), радиомодем либо GSM модем (для беспроводной связи с компьютером).

Светодиодные матрицы можно использовать либо в виде готовых матриц-моноблоков (рис. 2), либо в виде печатной платы с впаянными светодиодами. Шаг пикселей и количество светодиодов в пикселе зависит от размера и разрешения информационного табло.

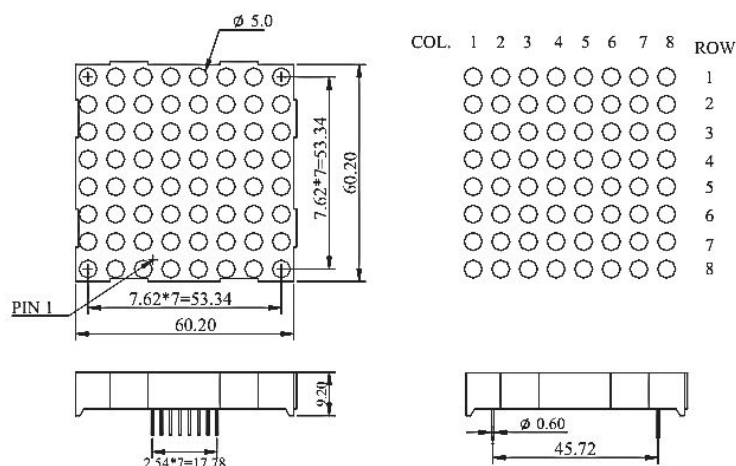


Рис. 2. Светодиодная матрица-моноблок

Поскольку светодиод – это полупроводниковые элементы, ключевой характеристикой, определяющей яркость их свечения, является не напряжение, а ток. Чтобы они гарантированно отработали заявленное количество часов, необходим драйвер – он стабилизирует ток, протекающий через цепь светодиодов. Возможно использование маломощных светоизлучающих диодов и без драйвера, в этом случае его роль выполняет резистор.

Разработана функциональная схема устройства (рис. 3).

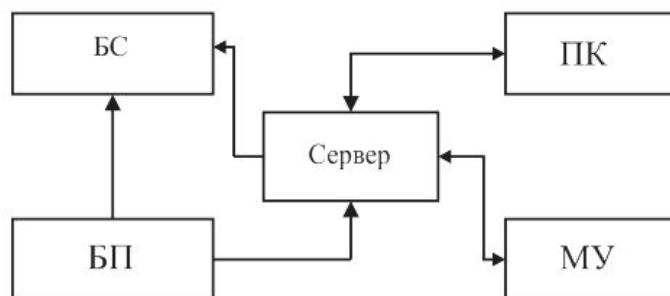


Рис. 3. Функциональная схема информационной бегущей строки с удаленным доступом

Для реализации удаленного доступа необходим мини-сервер, который будет принимать от клиента данные, в качестве которого выступает персональный компьютер (ПК) или мобильное устройство (МУ). Также он должен хранить и передавать эти данные на бегущую строку. Необходимо написать клиент-серверное программное обеспечение на смартфон (мобильное приложение) и ПК, с помощью которого будет осуществляться управление строкой.

В качестве сервера можно использовать **Raspberry Pi** – это одноплатный компьютер, размером с банковскую карту. Технические характеристики приведены в таблице.

Технические характеристики Raspberry Pi 3

Производитель процессора	Broadcom
Модель процессора	BCM2837
Количество ядер процессора	4
Частота процессора	1200 МГц
Тип оперативной памяти	SDRAM
Размер оперативной памяти	1 Гб
Производитель видеочипа	Broadcom
Модель видеочипа	Videocore 4
Объем видеопамати	выделяется из оперативной
Видео интерфейсы	HDMI, MIPI (CSI) вход
Аудио интерфейсы	3.5 мм jack (аудио)
Интерфейсы периферии	USB 2.0 x4, GPIO, micro USB, micro SD
Вид доступа в Интернет	Ethernet (RJ-45), Wi-Fi
Скорость сетевого адаптера	100 Мбит/с
Дополнительное встроенное оборудование	Bluetooth 4.1

Пользователь на своем компьютере или смартфоне сможет создавать любое сообщение, устанавливать дату и время, скорость движения строки, а также можно реализовать функцию отложенного старта. Данные будут переданы на сервер, где в нужное время по заданному алгоритму будет установлена связь с бегущей строкой и будет осуществлена отправка сообщения.

Информационная бегущая строка с удаленным доступом может стать личным порталом компании, через который поддерживается связь с клиентом. В банке, в поликлинике, в системе управления очередью, в кассах предварительной продажи билетов применяют бегущую строку для анонсирования новых видов услуг, объявлений об акциях и скидках или размещения продуктовой линейки. На такие Led-панели можно передавать сообщения об изменении маршрута, запускать рекламу или любые другие сообщения для пассажиров транспорта. И все это удаленно, главное иметь доступ к сети Интернет и мобильный телефон с приложением для управления бегущей строкой. Очень важно применять новые технологии, чтобы отечественный продукт был конкурентоспособен, отличался надежностью и высоким качеством.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ФАЗНЫМ РОТОРОМ В MATLAB SIMULINK

И. В. Гапоненко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель И. В. Дорощенко

В инженерной практике для анализа и синтеза систем автоматического регулирования асинхронных приводов с вентильными преобразователями математическая модель записывается для обобщенной двухфазной электрической машины для схемы замещения АД [1]. При этом принимают ряд допущений, связанных с равномерностью воздушного зазора, синусоидальностью тока, симметричностью напряжений фаз и т. д. Выбор неадекватной математической модели при разработке может потребовать полного изменения элементов системы ЭП, а неточный учет энергетических процессов приводит к резкому снижению сроков службы АД или завышению его мощности и снижению энергетических показателей [2].

Традиционное моделирование электроприводов производится в программных пакетах Matlab Simulink, VisSim и других, однако они составлены либо на основе двухфазной математической модели двигателя, либо трехфазной математической модели двигателя в естественной системе координат, направленной по осям фазных обмоток статора, которая справедлива только для схемы соединения обмоток статора и ротора «звезда с нейтралью». Имеющиеся разработки моделей асинхронно-вентильного каскада также имеют ряд недостатков, связанных с упрощением модели, например, в работе [3] принято, что фазные обмотки асинхронного двигателя и трансформатора имеют одинаковые активные сопротивления и индуктивности рассеяния, сопротивление вентиля в прямом и обратном направлении не зависит от значения тока через него, что не соответствует действительности. Для исследования динамики двигателя при работе с автономным инвертором напряжения и при несимметричных схемах включения необходимо работать с линейными напряжениями [4]. Базовая модель асинхронного электродвигателя (АД), представленная в Matlab Simulink, составлена на основе эквивалентной двухфазной модели АД и не позволяет полно исследовать динамику при питании статора двигателя от автономного инвертора (при фазовом и частотном управлении), а также при несимметричных схемах включения (где необходимо работать с линейными напряжениями).

Целью исследования является создание имитационной модели АД с фазным ротором на основе трехфазной математической модели АД.

При имитационном моделировании асинхронной машины с фазным ротором использовали прямое моделирование дифференциальных уравнений для модели, при этом формирование коэффициентов уравнений выполнено в матричном виде, при этом для удобства учета коммутации силовых полупроводниковых приборов уравнения модели разрешены относительно производных потокосцеплений [4]. Полученная в Matlab Simulink имитационная модель трехфазной асинхронной машины с фазным ротором представлена на рис. 1.

Для связи (подключений) силовых блоков из SimPowerSystems на кольцах фазного ротора с сигналами имитационной модели блоков Simulink был разработан блок Subsystem, параметры которого представлены на рис. 2.

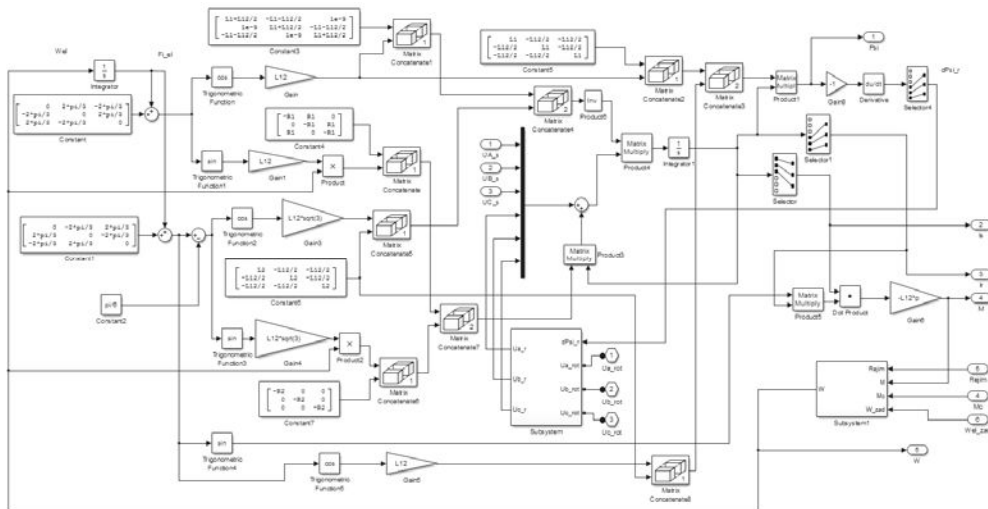


Рис. 1. Модель асинхронной машины с фазным ротором в Matlab Simulink

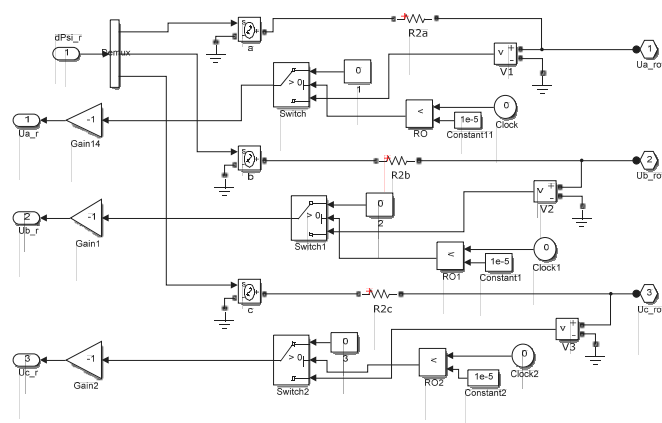


Рис. 2. Параметры блока связи силовых клемм роторной цепи с сигналами имитационной модели асинхронной машины в Matlab Simulink

В результате апробации модели асинхронной машины с фазным ротором были выявлены следующие особенности: 1) шаг расчета для получения адекватного результата должен иметь порядок единиц микросекунд; 2) при запуске модели асинхронной машины с фазным ротором необходимо размыкать цепь ротора на несколько микросекунд.

Л и т е р а т у р а

1. Арешян, Г. Л. О корректной записи уравнений «обобщенной» двухфазной машины в осях $\alpha\beta$ / Г. Л. Арешян // Электричество. – 1991. – № 6. – С. 43–47.
2. Савельев, В. А. Методы синтеза, структуры и схемные реализации инвариантного электро-механического комплекса на основе машины постоянного тока для испытания асинхронных вентильных электроприводов : дис. ... канд. техн. наук : 05.09.03 / В. А. Савельев. – Гомель, 2003. – 128 л.
3. Вилячкин, Л. В. Компьютерная модель асинхронно-вентильного каскада / Л. В. Вилячкин, Ю. П. Галишников // Электротехника. – 1997. – № 9. – С. 40–45.

4. Захаренко, В. С. Особенности имитационного моделирования асинхронного двигателя для составления модели с учетом коммутации и при несимметричных схемах включения / В. С. Захаренко, И. В. Дорощенко // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – Гомель, 2011. – № 3. – С. 66–74.

МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ С USB-ИНТЕРФЕЙСОМ

В. О. Гисич

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Э. М. Виноградов

Интерфейс USB (универсальная последовательная шина) предназначен для подключения различных периферийных устройств к персональному компьютеру. Шина позволяет обеспечить такие основные требования, как высокая скорость передачи, одновременное подключение большого количества устройств, надежная связь, возможность горячего подключения устройств, низкая цена. Шина USB имеет топологию многоярусной звезды, где в центре находится главный компьютер (хост), в средних узлах хабы, а в конечных точках индивидуальные устройства. Хост всегда является ведущим на шине и обмен данными осуществляется под его непосредственным управлением.

Передачи по шине (в версии USB 2.0) могут осуществляться в одном из трех режимов: низкая скорость – до 1,5 Мбит/с, полная скорость – до 12 Мбит/с, высокая скорость – до 480 Мбит/с. Для подключения устройств в USB используется 4-жильный кабель: питание $V_{BUS} = +5$ В, общий GND, сигнальные провода $D+$ и $D-$. Устройство, подключенное к USB, может получать от шины ток до 500 мА.

USB поддерживает подключение и отключение устройств в процессе своей работы. Обнаружив вновь подключенное устройство, хост выполняет процесс конфигурирования устройства, чтобы оно стало готовым для работы на шине. При этом устройство передает хосту свои параметры, позволяющие идентифицировать устройство, определить его функции, требования к электропитанию и т. д. Для этого существует пять основных категорий дескрипторов (описателей).

Дескриптор устройства содержит общую информацию: фирма-производитель, номер изделия, число поддерживаемых конфигураций.

Дескриптор конфигурации содержит информацию о потребляемой мощности и количестве интерфейсов, поддерживаемых в этой конфигурации.

Дескриптор интерфейса описывает класс интерфейса и число конечных точек, которое в нем используется.

HID дескрипторы описывают интерфейс, если он принадлежит к HID-классу. HID (Human Interface Devices) – это устройства взаимодействия человека с машиной через USB. К ним относят компьютерные устройства, которые напрямую взаимодействуют с человеком, например, клавиатура, мышь, графический планшет.

Дескриптор конечной точки детализирует фактические регистры устройства. Содержит информацию о поддерживаемых типах передачи, направлении обмена (ввод или вывод), требования к интервалу обслуживания.

В связи с тем что в интерфейсе USB реализован сложный протокол обмена информацией, в устройстве сопряжения с интерфейсом необходим микропроцессорный блок, обеспечивающий поддержку протокола. Поэтому основным вариантом при разработке устройства сопряжения является применение микроконтроллера, ко-

торый будет обеспечивать поддержку протоколов обмена. В настоящее время все основные производители микроконтроллеров выпускают продукцию, имеющую в своем составе блок USB.

Некоторые из микроконтроллеров компании Microchip семейства PIC18 непосредственно поддерживают интерфейс USB. Например, микроконтроллер PIC18F4550 имеет встроенный интерфейс USB с возможностью работы на низкой и на полной скорости, что позволяет выполнить соединение между главным компьютером и микроконтроллером [1].

Важнейшей задачей при проектировании микроконтроллерной системы является выбор средства разработки. В настоящее время самым мощным средством разработки программного обеспечения для микроконтроллеров являются интегрированные среды разработки IDE (Integrated Development Environment), имеющие в своем составе текстовый редактор, компилятор языков высокого уровня, отладчик-симулятор, а также библиотеки готовых функций. Одним из таких программных инструментов является среда разработки mikroC компании MikroElektronika. Данная среда разработки позволяет быстро создавать эффективные программы на распространенном языке высокого уровня Си. Среда имеет удобный интерфейс пользователя со встроенным редактором текста и мощным отладчиком программ. Встроенный мастер проектов позволяет в считанные минуты создать заготовку рабочей программы для любого микроконтроллера из целого семейства. Библиотека готовых функций обеспечивает пользователя поддержкой для быстрого и безошибочного создания программы. Компания MikroElektronika создала среду разработки mikroC PRO for PIC для PIC-микроконтроллеров компании Microchip [2], [3].

Среда mikroC PRO for PIC включает в себя функции для работы с HID-устройствами. Каждый проект на базе библиотеки USB HID должен включать в себя исходный файл дескриптора, содержащий идентификатор и название производителя, идентификатор и название продукта, размер посылки и другую важную информацию. Для создания файла дескриптора следует использовать USB HID-терминал, интегрированный в среду разработки mikroC и вызываемый командой Tools→HID Terminal. Название файла дескриптора по умолчанию USBdsc.c. Файл USBdsc.c может быть включен в проект программы для микроконтроллера с помощью директивы #include.

Среда разработки mikroC поддерживает следующие библиотечные функции, когда используется PIC-микроконтроллер со встроенным USB-интерфейсом (например, PIC18F4550).

HID_Enable. Эта функция разрешает обмен по USB и требует два аргумента: адрес буфера для чтения и адрес буфера для записи. Она должна быть вызвана первой перед другими функциями библиотеки USB, и она не возвращает никаких данных.

HID_Read. Функция получает данные с шины USB и сохраняет их в приемном буфере. Она не имеет аргументов, но возвращает количество принятых символов.

HID_Write. Функция посылает данные из буфера записи на шину USB. Имя буфера (такое же, как при инициализации) и количество данных для передачи должно быть определено в качестве аргументов функции. Функция не возвращает никаких данных.

HID_Disable. Эта функция деактивирует трансивер данных USB. Она не имеет аргументов и не возвращает никаких данных.

В докладе рассматривается микроконтроллерный измеритель атмосферного давления с USB-интерфейсом. Датчик давления присоединяется к микроконтроллеру

PIC18F4550. Измеренное давление каждую секунду посылается через интерфейс USB и отображается на дисплее персонального компьютера. В качестве датчика используется микросхема MPX4115A. Этот датчик генерирует аналоговое напряжение, пропорциональное атмосферному давлению. Выходное напряжение датчика определяется как

$$V = 5,0 (0,009 \text{ kPa} - 0,095), \quad (1)$$

где V – выходное напряжение (В), kPa – атмосферное давление (килопаскаль).

Атмосферное давление обычно показывается в миллибарах. Поэтому формулу (1) удобно преобразовать к виду

$$mb = (2,0 V + 0,95) / 0,009. \quad (2)$$

Принципиальная схема измерителя давления приведена на рис. 1. Выход датчика соединен с аналоговым входом AN0 микроконтроллера (вывод RA0 порта A). Контакты $D+$ и $D-$ разъема USB присоединены к выводам RC4 и RC5 (выводы порта C). Микроконтроллер и датчик получают питание от шины USB через разъем X1. Микроконтроллер тактируется от кварцевого резонатора с частотой 8 МГц. Однако с помощью схемы умножения частоты центральный процессор и модуль USB микроконтроллера работают на частоте 48 МГц.

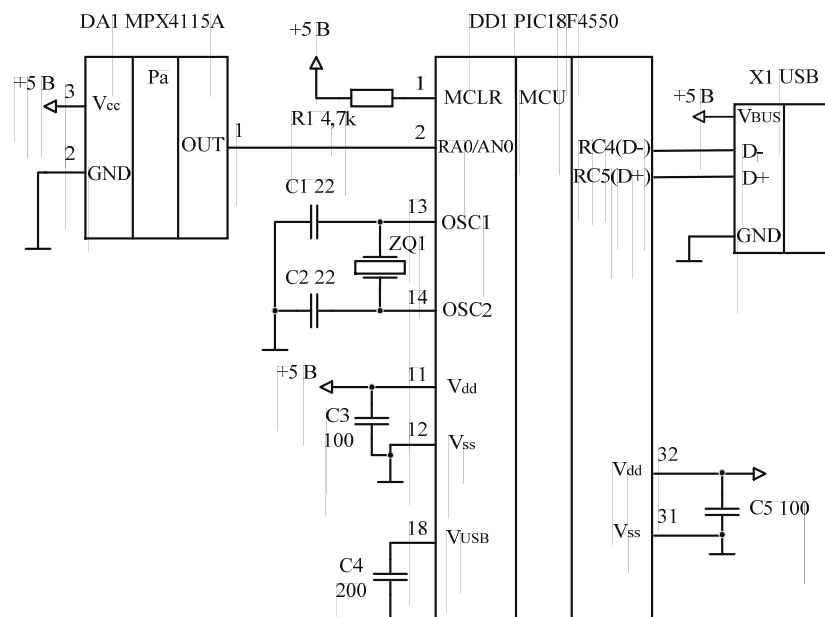


Рис. 1. Схема принципиальная измерителя давления

В программе для микроконтроллера используется прерывание от таймера TMR0 для генерирования прерывания через каждые 3,3 мс, что необходимо для сообщения хосту об активности присоединенного к шине устройства. В бесконечном цикле напряжение от датчика давления преобразуется с помощью АЦП в цифровой код, а затем вычисляется действительное напряжение от датчика. Атмосферное давление вычисляется по формуле (2) и сохраняется в массиве. После этого вызывается функция HID_Write для пересылки данных о давлении на шину USB. Программа затем ждет 1 с и описанный процесс повторяется вновь.

Литература

1. Брей, Б. Применение микроконтроллеров PIC18. Архитектура, программирование и построение интерфейсов с применением С и ассемблера : пер. с англ. / Б. Брей. – К. : МК-Пресс ; СПб. : КОРОНА-ВЕК, 2008.
2. Шпак, Ю. А. Программирование на языке С для AVR и PIC микроконтроллеров / Ю. А. Шпак. – К. : МК-Пресс ; СПб. : КОРОНА-ВЕК, 2011.
3. MikroC PRO for PIC. User's manual. – 2014. – Режим доступа: <http://www.mikroe.com>.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА МОЩНОСТИ
В РОТОРНОЙ ЦЕПИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СТЕНДОВ
НА ОСНОВЕ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ С ФАЗНЫМ РОТОРОМ
ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

И. В. Дорощенко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель В. В. Тодарев

В последнее время наблюдается тенденция к производству энергонасыщенной сельскохозяйственной техники, соответственно возрастает и ее стоимость. Обеспечить длительную и безаварийную работу такой техники можно при условии своевременного и качественного ремонта наиболее ответственных ее узлов и агрегатов – двигателей внутреннего сгорания. В связи с этим возникает необходимость в качественных испытаниях агрегатов после ремонта. В последнее время наблюдается рост мировых цен на энергоресурсы, таким образом, наиболее острой становится проблема энергосбережения при испытаниях [1]. Анализ последних исследований и публикаций показывает, что современные стенды для проведения приемосдаточных испытаний двигателей внутреннего сгорания являются энергосберегающими, что позволяет возвращать в том или ином виде, за вычетом обязательных потерь, затраченную на испытания энергию. Стоимость таких стендов достаточно высока (свыше \$100000), и это является серьезной проблемой для многих предприятий. Выходом в данной ситуации может быть модернизация уже существующих стендов в энергосберегающие. Модернизация сводится к введению в состав стенда узла согласования для рекуперации вырабатываемой в процессе испытаний электрической энергии в сеть либо в приводной двигатель. При этом, изменив структуру стенда, основные механические и электрические узлы можно сохранить неизменными, поскольку их износ, как правило, незначителен, а характеристики достаточно высоки. Затраты на модернизацию значительно (на порядок) ниже стоимости нового стенда [1].

Целью работы является исследование энергетического баланса мощности в роторной цепи электромеханических стендов на основе асинхронной машины с фазным ротором, построенным по схеме с добавочным сопротивлением в цепи ротора и схеме асинхронно-вентильного каскада (АВК).

В рамках х/д № 014/588 была разработана и внедрена инвариантная система автоматического регулирования нагрузочного момента на основе АВК [3] в результате модернизации нагрузочной части испытательного стенда КИ-5274 на ОАО «Витебский мотороремонтный завод». При этом ключевым условием модернизации являлось увеличение энергосбережения базового варианта стенда КИ-5274 мощностью 160 кВт, используемого для испытания дизельных двигателей после ремонта. Качественную оценку энергосбережения базового и модернизированного вариантов стенда производили на основе имитационного моделирования.

При имитационном моделировании балансирующей асинхронной машины с фазным ротором, входящей в состав испытательного стенда, использовали прямое моделирование дифференциальных уравнений для модели, при этом формирование коэффициентов уравнений выполнено в матричном виде [2]. На основании имитационной модели трехфазной асинхронной машины с фазным ротором в программе Matlab Simulink были составлены имитационные модели нагрузочных частей стендов: с жидкостным регулятором добавочного активного сопротивления в цепи ротора (базовый стенд КИ-5274) (рис. 1, а) и модернизированного стенда КИ-5274 с рекуперацией энергии в сеть на основе АВК при инвариантности момента [3] (рис. 1, б).

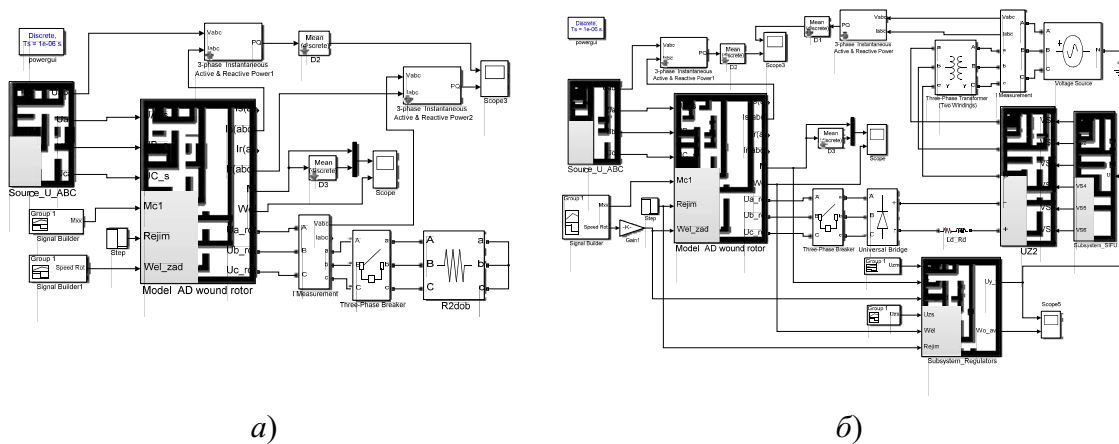


Рис. 1. Имитационные модели нагрузочной части стенда КИ-5274: а – с жидкостным реостатом в цепи ротора; б – модернизированного инвариантного стенда на основе АВК

Используя полученные имитационные модели (рис. 1), было произведено численное моделирование и расчет мощности вырабатываемой в роторной цепи асинхронной машины, работающей в генераторном режиме. Расчеты производились при изменении скорости вращения от $\omega_{\min} = 175$ рад/с до $\omega_{\max} = 298,5$ рад/с и изменении нагрузочного момента от нулевого до номинального значения асинхронной машины ($M_c = 1080$ Н·м). При этом для модели базового варианта стенда КИ-5274 (с жидкостным реостатом) добавочное сопротивление в цепи ротора изменяли в пределах $R_{\text{доб}} = 0 - 3$ о. е. Зависимость мощности, выделяемой в жидкостном реостате цепи ротора ΔP_r от вводимого добавочного сопротивления $R_{\text{доб}}$ и нагрузочного момента M представлена на рис. 2.

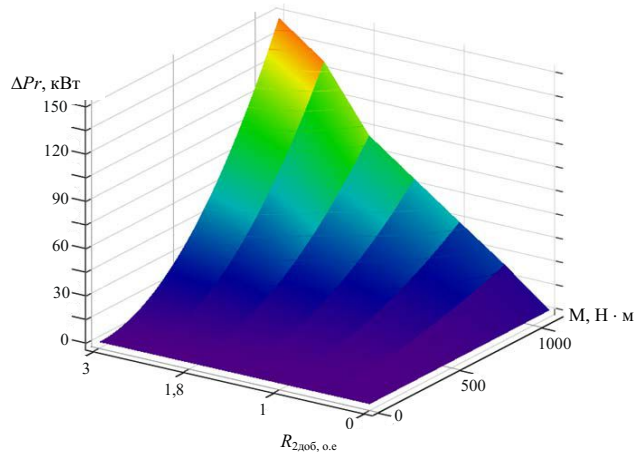


Рис. 2. Зависимость мощности выделяемой в жидкостном реостате
 $\Delta R_r = f(M, R_{доб})$

Аналогично производилось исследование имитационной модели нагрузочной части стенда на основе АВК в MatlabSimulink, произвели расчет мощностей в генераторном режиме работы АД при изменении угла управления ведомым сетью тиристорным преобразователем от $\beta_{max} = 87^\circ$ до $\beta_{min} = 34^\circ$, при аналогичных изменениях скорости вращения и нагрузочного момента. Зависимость мощности рекуперированной через цепь ротора $\Delta P_r = f(M, \beta)$ от угла управления ведомым инвертором β и нагрузочного момента M представлена на рис. 3.

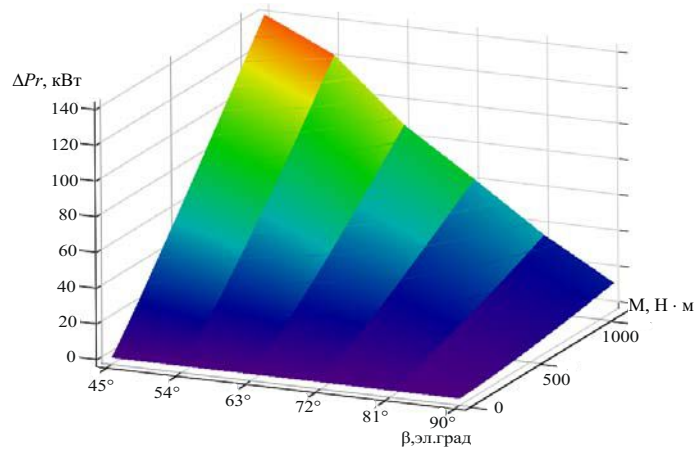


Рис. 3. Зависимость рекуперированной мощности АВК $\Delta P_r = f(M, \beta)$

По полученным зависимостям мощности, выделяемой в жидкостном реостате $\Delta P_r = f(M, R_{доб})$, и мощности, рекуперированной через цепь ротора в сеть $\Delta P_r = f(M, \beta)$ можно заключить, что для обоих вариантов нагрузочных частей испытательного стенда мощность, создаваемая в цепи ротора, увеличивается с ростом скорости вращения и нагрузочного момента асинхронной машины, работающей в генераторном режиме. Причем при увеличении нагрузочного момента для стенда с жидкостным реостатом мощность возрастает по квадратичной зависимости, а для стенда на основе АВК мощность возрастает линейно. Натурные испытания энергосберегающей электромеханической системы регулирования нагрузочного момента на основе АВК

показали, что годовая экономия электроэнергии при ее использовании составляет 21 тыс. кВт · ч по сравнению с базовым вариантом испытательного стенда КИ-5274 с жидкостным регулятором добавочного сопротивления в цепи ротора.

Литература

1. Тодарев, В. В. Энергосберегающие электромеханические стенды для испытания двигателей внутреннего сгорания и трансмиссий сельскохозяйственной техники / В. В. Тодарев, М. Н. Погуляев, И. В. Дорошенко // Вісн. Харьк. нац. техн. ун-ту сільського господарства ім. Петра Василенка. Техн. науки. – Випуск 101 : «Проблеми енергозабезпечення та енергосбереження в АПК України». – Харків : ХНТУСГ, 2010. – С. 90–91.
2. Захаренко, В. С. Особенности имитационного моделирования асинхронного двигателя для составления модели с учетом коммутации и при несимметричных схемах включения / В. С. Захаренко, И. В. Дорошенко // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – Гомель, 2011. – № 3. – С. 66–74.
3. Дорошенко, И. В. Математическая модель нагрузочной части испытательного стенда инвариантного к скорости вращения на основе асинхронно-вентильного каскада / И. В. Дорошенко, В. С. Захаренко, В. А. Савельев // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – Гомель, 2013. – № 3. – С. 63–72.

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА МАЯТНИКОВОГО ТИПА С ИМПУЛЬСНЫМ ПИТАНИЕМ

И. А. Клименко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель В. В. Тодарев

Работая в составе асинхронного колебательного электропривода, силовой двигатель имеет низкие энергетические показатели по причине очень высокого среднего за полупериод колебаний скольжения и, соответственно, больших потерь мощности в обмотках.

$$\Delta P_{M2} \approx \Delta P_{M1} = P_{ЭМ} S,$$

где ΔP_{M1} , ΔP_{M2} – потери мощности в обмотках статора и ротора, соответственно.

$$\Delta P_{M2} = \frac{1}{0,5T_k} \int_0^{0,5T_k} P_{ЭМ}(t) S(t) dt,$$

где $P_{ЭМ}(t)$ – электромагнитная мощность двигателя за период изменения питающего напряжения; $S(t)$ – текущее значение скольжения; T_k – период колебаний.

Особенно это явно выражено при нескомпенсированной механической нагрузке, когда появляются участки колебательного движения со скольжением больше единицы, следовательно, общее среднее значение скольжения близко к единице. Тогда потери мощности в обмотках соизмеримы с пусковыми.

В колебательном электроприводе маятникового типа происходит компенсация инерционной составляющей нагрузки, исчезает механический фазовый сдвиг, среднее скольжение уменьшается и уменьшаются потери мощности. Временные зависимости для колебательного режима данного типа показаны на рис. 1.

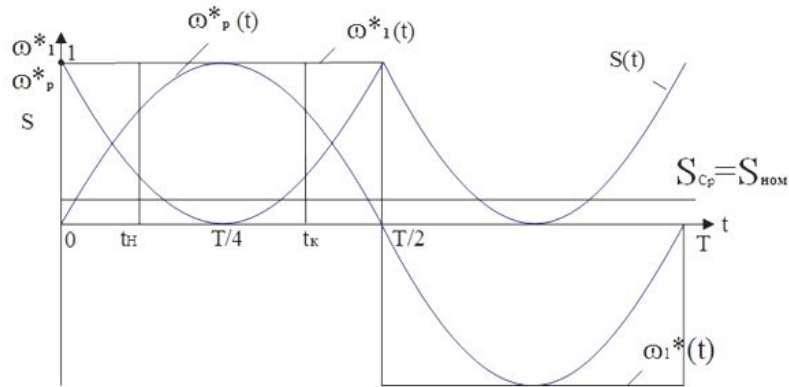


Рис. 1. Временные зависимости параметров колебательного движения.

Здесь ω_1^* — относительная угловая частота вращения поля статора;

ω_p^* — относительная угловая частота вращения поля ротора

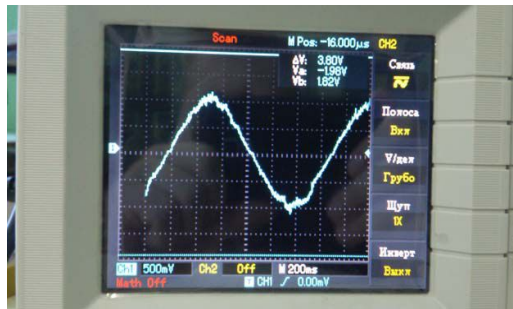
Подпитывать колебательный контур механической энергией (другими словами, включать двигатель) в течение всего полупериода колебательного движения нецелесообразно, поскольку при больших скольжениях момент и относительная мощность отчасти малы, в то время как потери мощности в обмотках значительны. Стоит питать колебательный двигатель импульсно, в момент, когда КПД его наибольший, т. е. в зоне скольжений близких к номинальным на интервале времени $t_n - t_k$. Таким образом, при помощи импульсного питания колебательный привод подпитывается в момент, когда двигатель имеет наилучшие показатели.

Для проверки адекватности результатов теоретических исследований была разработана физическая модель маятникового колебательного электропривода, включающая электродвигатель 4A71A6У3, одноступенчатый понижающий редуктор, имитатор нагрузки в виде генератора постоянного тока, тахогенератор и маятник с изменяемыми плечом и массой (рис. 2).

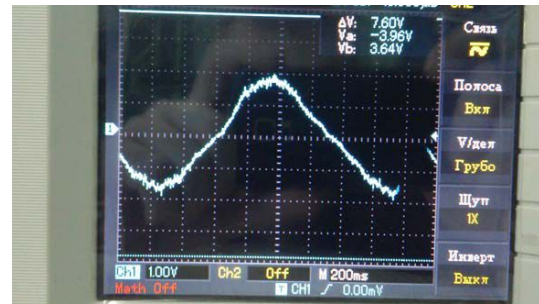


Рис. 2. Функциональная модель маятникового колебательного электропривода

Экспериментальным путем механически была проверена возможность импульсного питания. Это происходило следующим способом: в определенных точках подталкивался маятник до нужного угла отклонения, чтобы колебания были установившимися (рис. 3).



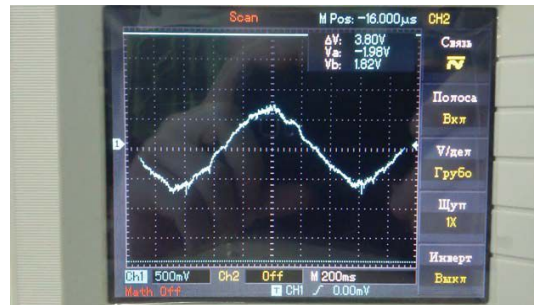
а)



б)



в)



г)

Рис. 3. Осциллограммы тахогенератора:
 а – 90° с усилием в нижнем положении; б – без усилия;
 в – 90° с усилием в верхнем положении; г – 35° без усилия

На осциллограммах, снятых с тахогенератора, можно наблюдать изменения скорости, такие как пики и искажения. Это небольшие изменения, но в основном все определяется массой маятника. Есть системы приводов, где эти искажения скорости не столь заметны, как, например, в маятниковых дробилках.

Разработана система импульсного питания (рис. 4), которая состоит из микроконтроллера ATmega8, оптпары МОС3023 и симистора BT138.

Через данное устройство электропривод подключается к сети.

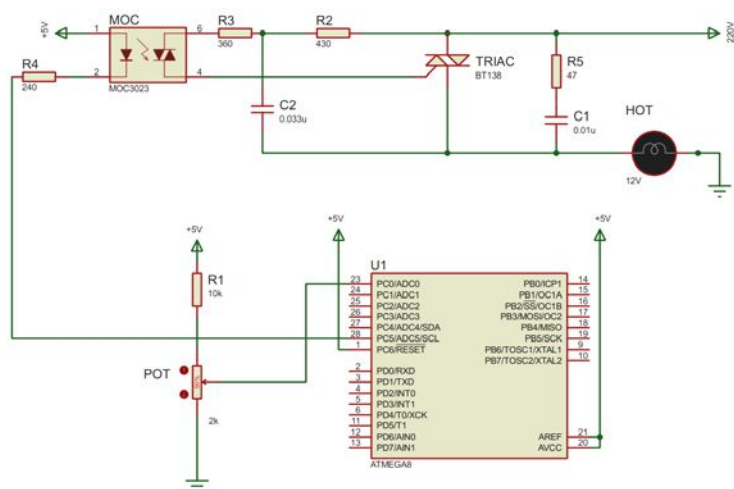


Рис. 4. Схема импульсного питания, разработанная в среде Proteus

Литература

1. Грачев, С. А. Безредукторный электромашинный привод периодического движения / С. А. Грачев, В. И. Луковников. – Минск : Вышш. шк., 1991. – 160 с.
2. Материалы XVII Междунар. конф. МНТК–2017 / ГГТУ им. П. О. Сухого. – Гомель, 2017. – 536 с.

ЭЛЕКТРОННЫЙ МОДУЛЬ КОРРЕКТОРА БЫТОВОГО ГАЗОВОГО СЧЕТЧИКА

К. Б. Рогова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Д. А. Литвинов

Корректоры по температуре давно уже применяются в промышленных приборах учета газа. Однако по новым требованиям и бытовые газовые счетчики уже требуют температурную коррекцию потребления газа. Для бытового учета газа широко используются счетчики с мерным объемом и механическим счетным устройством, которые в широком температурном диапазоне имеют существенную погрешность измерения в зависимости от температуры, порядка 15–17 %. В связи с этим актуальна разработка систем, осуществляющих температурную коррекцию измерений.

Корректор по температуре предназначен для измерения объема газа и приведения его к нормальным условиям по температуре (20 °С). Для этого каждый измеренный циклический объем счетчика приводится к нормальным условиям по температуре следующим образом по формуле (1).

$$V_{ц,кор} = V_{ц} \frac{T_n}{T_i}, \quad (1)$$

где $V_{ц,кор}$ – объем, приведенный к нормальным условиям по температуре; $V_{ц}$ – циклический объем счетчика газа; T_n – температура нормальных условий, 293,15 К; T_i – текущая измеренная температура.

В промышленности серийно выпускаются мембранные или, как их еще называют, диафрагменные счетчики. Разрабатываемое устройство должно функционировать с уже имеющимся счетным механизмом. В таких счетчиках заполнение мерного объема преобразуется во вращательное движение счетного механизма. Задача разработанного устройства измерять частоту вращения, которая пропорциональна расходу газа, и корректировать ее с учетом температуры. Из-за несовершенства механической части счетчика, а именно мембраны, величина расхода газа также влияет на погрешность измерения. Зависимость погрешности представлена на рис. 1.

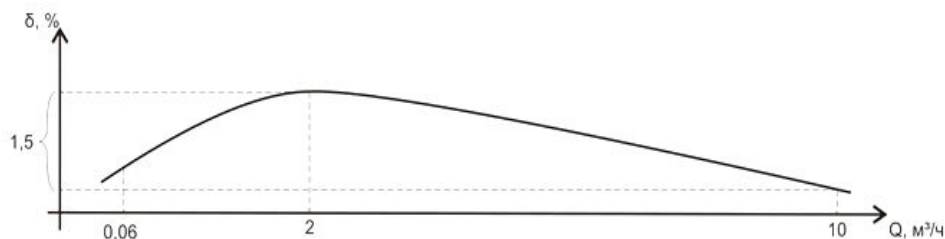


Рис. 1. Зависимость погрешности измеряемого объема от величины расхода

Калибровка обусловлена нелинейностью измерений в зависимости от расхода механической части счетчика. За один оборот механической части счетчика через него проходит определенный объем газа (воздуха) – V_T . Данная величина объема различна у разных счетчиков, а также зависит от скорости (расхода – Q), с которой газ (воздух) проходит через счетчик. Типичная зависимость погрешности измерения от расхода имеет вид, изображенный на рис. 1. Видно, что погрешность на различных расходах может меняться примерно в пределах 1,5 %. Зависимость объема газа, проходящего через счетчик за один цикл (V_T), имеет аналогичный характер.

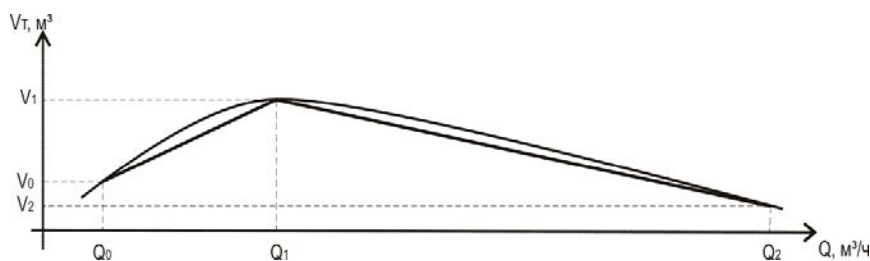


Рис. 2. Трехточечная аппроксимация объема газа от величины расхода

Электронная часть нашего газового корректора должна иметь возможность уменьшать влияние этой погрешности, для чего используется предварительная калибровка каждого счетчика на специальном стенде. Исходя из зависимости погрешности измеряемого объема от величины расхода, калибровка осуществляется методом трехточечной аппроксимации (рис. 2), на расходах $Q_0 = 0,06$, $Q_1 = 2$ и $Q_2 = 10$ м³/ч. Таким образом, объем одного оборота механической части счетчика (V_T) рассчитывается по формуле (2):

$$V_T = \begin{cases} k_0 Q + b_0, & Q \leq Q_1; \\ k_1 Q + b_1, & Q > Q_1, \end{cases} \quad (2)$$

где Q – текущий расход счетчика (измеряется корректором для каждого оборота механической части), $\text{м}^3/\text{ч}$; Q_1 – точка на характеристике; k_0, k_1, b_0, b_1 , – коэффициенты аппроксимации (рассчитываются корректором).

Коэффициенты аппроксимации рассчитываются корректором на основе эталонных данных, передаваемых испытательным стендом. В неоткалиброванном корректоре эти коэффициенты равны: $k_0 = k_1 = 0, b_0 = b_1 = 0,002$, что будет соответствовать 2 дм^3 за один цикл на всех расходах.

Разработана функциональная схема этого устройства, которая представлена на рис. 3. Рассмотрим назначение основных элементов газового корректора. Центральным блоком системы является микроконтроллер (МК), реализующий алгоритм контроля измеряемых параметров и их передачи.

Корректор измеряет частоту вращения счетного механизма, которая пропорциональна текущему расходу Q . Частота вращения считывается со счетного механизма с помощью геркона (ДР). Фактически везде в математике программы корректора используется частота вращения. Электронный корректор также обеспечивает защиту от внешнего магнитного поля с помощью дополнительного датчика – геркона (ДЗ). При появлении внешнего магнитного поля счетчик начинает считать по максимальному заданному расходу, даже без подачи газа. Информация о температуре газа, необходимая для коррекции объема, поступает с датчика (ДТ), непосредственно расположенного вблизи мембраны.

Датчик расхода рассчитывает текущий расход природного газа, прошедшего через бытовой газовый счетчик, итоговый результат потребления выводится на ЖКИ индикатор через интерфейс I2C.

Электронный корректор работает от литиевого источника питания напряжением 3 В и емкостью не менее 1000 мАч, который обеспечивает срок работы не менее 10 лет.

Для удаленного съема информации о работе газового корректора возможно подключение GSM/GPRS модема, обеспечивающего передачу данных из любой точки, охваченной GSM-сетью. Удаленный доступ позволяет организовать доступ к отчетам потребления природного газа вне зависимости от физического размещения узла учета газа, что позволит автоматизировать формирование отчетов, счетов по потреблению природного газа.

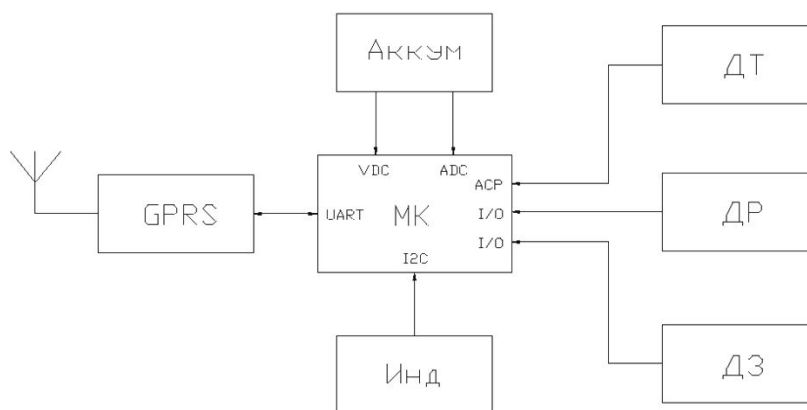


Рис. 3. Функциональная схема электронного корректора объема газа:
 МК – микроконтроллер; ДТ – датчик температуры; ДР – датчик расхода;
 ДЗ – датчик защиты; Аккум – аккумулятор; Инд – индикатор; GPRS – модем
 передачи данных

Наиболее потребляющими элементами газового корректора являются микроконтроллер и датчик температуры. В разрабатываемом устройстве предполагается использовать микроконтроллер PIC24F16KL402 компании Microchip с ультранизким энергопотреблением: 30 нА в спящем режиме и 12 мА на 32 МГц. В качестве датчиков температуры предполагается использование полупроводниковых элементов: TMP102, MCP9700A с цифровым и аналоговым выходом. Данные о датчиках температуры представлены в таблице.

Основные характеристики датчиков температуры

Тип	Погрешность измерения температуры, °C	Напряжение питания, В	Максимальный ток потребления, мкА
TMP102	±0,5 °C	1,4...3,6	7
MCP9700A	±2 °C	2,3...5,5	6

JUSTIFICATION OF HYDROLOGICAL OBSERVATION AUTOMATION IN THE CHERNIHIV REGION

Drozd Marina

Chernihiv National University of Technology, Chernihiv, Ukraine

Research supervisor Anatoliy Prystupa, PhD

In many regions there is an increase in the number of catastrophic floods in the last decade, including the Dnipro river basin, flowing through the territory of Ukraine and Belarus. Floods are one of the most frequent spontaneous phenomena. They often outnumber all other emergencies by the areas and the damage.

In Ukraine over the few years up to 50 rural settlements on the territory of Bakhmach, Borzna, Kozelets, Korop, Kulikovka, Mena, Novgorod-Siversky, Ripky, Sosnitsa, Chernihiv districts can be submerged in the territory of the Chernihiv region. It is depending on the climatic conditions, as well as lowered places of the city of Chernihiv (river port, buildings of the city sewage system) [1].

Not only large rivers can cause significant damage. The Strizhen River, which was raging in Chernihiv on April 2, 2018, flooded several dozen meters of the coast and many buildings (Fig. 1). People were not ready for this and this event caused great material losses. The main reason for this is the lack of timely informing the population and the relevant services.



Fig. 1. The flow of the river Strizhen in Chernihiv

The state registration of water is carried out in order to systematize data on the use of water, discharge of water and pollutants, the availability of circulating water supply systems and their capacity, wastewater treatment systems and their efficiency, etc. [2].

The state register of surface waters is carried out by the specially authorized central executive body on hydrometeorological issues by conducting permanent hydrometric, hydrochemical monitoring of the quantitative and qualitative characteristics of surface waters.

The monitoring of surface water in the territory of Ukraine, Belarus is carried out at hydrological stations (HS). In the Chernihiv region HS on the Dnipro river are placed in Nedanchichi and Dniprovske. HS in Dniprovske is located at the entrance to the Kiev reservoir, so its data are not sufficiently informative in terms of the water regime analysis.

The annual change in water levels in the upper reaches of the Dnieper in the territory of Ukraine is characterized by usually spring high water and a fairly low mean water. During the flood period, when the highest elevation of water levels in the rivers of Chernihiv region is observed, the amplitude of the water levels fluctuations in most of the rivers reaches 3–4 m, in the lower reaches of larger rivers – from 5 to 8 m (on the Dnipro River). In the spring, a flood discharge of the Dnipro, Desna, Seym, and Snow with the increase of water levels up to 8 m can be flooded. The area of potential flooding along the Dnipro River may amount to 630 km² [3].

Data on the values of maximum flood water levels recorded at the HS Nedanchichi the are given in the table.

Data on the values of maximum flood water levels at the HS Nedanchichi

Maximum water level flood, cm above zero post					Long-term characteristics of maximum water levels of spring water, cm above zero post			
2012	2013	2014	2016	2017	Number of observation years	highest	average	lowest
632	719	464	419	466	44	900	610	376

At HS Nedanchichi controlled only few parameters of water, the methods of measurement and control are obsolete and executed manually, which in case of emergency makes low their efficiency.

Therefore, the actual task is to create an autonomous automatic complex for the implementation of hydrological observations.

The modern automation complex should contain a number of sensors that will control a lot of different parameters (Fig. 2).

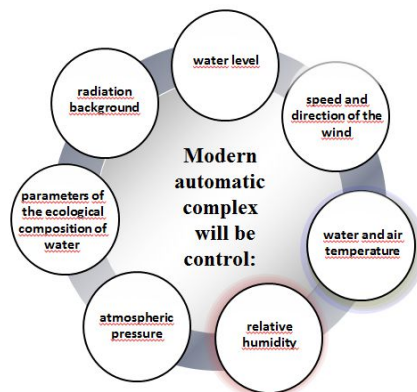


Fig. 2. Parameters that will control the automated system of hydrological observations

Advantages of this complex are:

- Modern and technologically advanced (Modern technologies allow the implementation of integrated sensors (capable of controlling several parameters in one case at a time) of small overall dimensions with low power consumption).
- Autonomy. (The rapid development of non-traditional energy sources has led to a significant increase in the efficiency of photoelectric converters with energy storage and reduction of their cost).
- Efficiency in collecting, processing and transmitting information. (Using modern digital electronics allows you to make several reference samples of controlled parameters every second, digital interfaces of modern sensors allow to quickly transmit the results of measurement within the complex, store them on the hard disk, group and transmit the necessary data with GSM / GPRS modem to the central server, where Further processing and creation of the database will take place. In the future it is expedient to create WEB-application, which will be displayed as the results of current measurements, so will be kept archive, which could take away the necessary data for the study of the dynamics of change certain parameters).

Modern automated hydro-meteorological complexes, in addition to hydrological and meteorological parameters, can measure various ecological indicators of water pollution and radiation background. These options are of particular importance for the border (transboundary) water bodies, which are the upper reaches of the Dnieper River. Since automatic stations are able to detect pollution in the initial phase, promptly inform the relevant services and prevent the development of an ecological disaster. In addition, if such complexes are installed as close as possible to the border and will be merged into a single network, this will allow to resolve more quickly the possible conflicts related to the definition of a source of pollution.

Consequently, placing in the upper reaches of the Dnieper modern, automated measuring complexes will increase the efficiency of the monitoring system for the hydrological, metrological and environmental parameters of the Dnipro River, increase the awareness and consciousness of the population regarding the rational use of water resources. The implementation of the project will promote awareness of citizens about international problems in the field of water resources and their impact on living conditions and economic activities in the transboundary areas of the Dnipro Basin. This is the objective pursued by the international project «Theorems-Dnipro» (Transborder system of hydrometeorological and environmental monitoring of the Dnipro River) [4], which is being implemented with the *Chernihiv National University of Technology, Educational Institution «Sukhoi State Technical University of Gomel»*, *Desna Basin Administration of Water Resources, Centre for social welfare «Dobrochyn», Association of children and youth and Belhydromet*. The project is co-funded by the European Union.



List of sources used

1. Стан техногенної та природної безпеки за 2017 рік в Чернігівській області. – Режим доступу: <http://dcz.cg.gov.ua>.

2. Водний кодекс України. – К. : Національний книжковий проект, 2011. – 80 с.
3. Характеристики эксплуатационных параметров систем мониторинга уровня воды открытых водоемов / А. Л. Приступа [та інш.] // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К. : ВІКНУ, 2013. – Вип. № 43. – С. 300–307.
4. Транскордонна система гідрометеорологічного та екологічного моніторингу ріки Дніпро. – Режим доступу: <http://eaptc.eu/ru/awarded-grant-projects-be-ua/view-theorems-dnipro-trans-boundary-hydro-meteorological-and-environmental-monitoring-system-of-dnipro-r.html>. – [Дата звернення: 30.03.2018].

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИСКРИМИНАТОРА СО СЛЕДЯЩИМ ПОРОГОМ И КОМПЕНСАЦИЕЙ ВРЕМЕНИ НАРАСТАНИЯ ИМПУЛЬСА В СРЕДЕ WOLFRAM MATHEMATICA

И. С. Миронов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Ю. В. Крышнев

Временная привязка (хронирование) служит для фиксации момента регистрации события в детекторе частиц.

Наиболее простой вид привязки – по переднему фронту импульса – имеет существенный недостаток – зависимость установления временной точки от скорости нарастания фронта импульса, что показано на рис. 1.

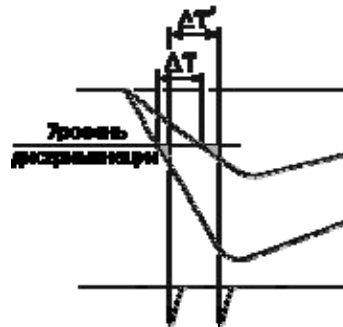


Рис. 1. Входные и выходные импульсы в методе привязки по переднему фронту

Для минимизации эффекта разброса времени сбора в детекторах предлагается модифицированная система дискриминации – ARC timing (Amplitude and Risetime Compensated timing), временные диаграммы которой приведены на рис. 2.

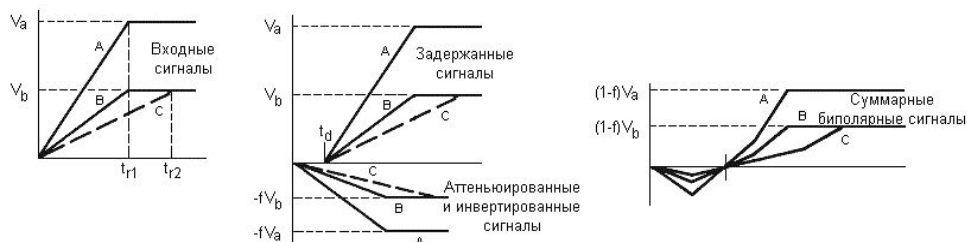


Рис. 2. Сигналы в дискриминаторе с компенсацией амплитуды и времени нарастания сигнала

В этом методе влияние разброса времени сбора на точность хронирования уменьшается за счет некоторого увеличения влияния на него шумов. Следящий порог выставляется на уровне 20–30 % от амплитуды, при этом задержка t_d заметно уменьшается и устанавливается равной приблизительно 30 % от минимального времени нарастания:

$$t_d < t_{\min}(1 - f), \quad (1)$$

где t_{\min} – минимальное время нарастания входного импульса, f – коэффициент аттенюирования.

Как видно из рис. 2, сформированные таким образом биполярные сигналы для всех трех импульсов A , B и C пересекают нулевую линию одновременно, несмотря на различные амплитуды и времена нарастания. Положение нулевой точки определяется соотношением

$$t_{ARC} < t_d(1 - f). \quad (2)$$

Для наглядности моделирования дискриминатора используется сигнал с кремниевого фотоумножителя SensL MicroFC-60035-SMT-C1. Согласно документации его максимальный ток равен 20 мА, время восстановления pn -перехода – 3,2 нс. Световой импульс описывается выражением

$$i_{in.real}[t] = -\frac{20 \left(HeavisideTheta \left[t - \frac{1}{10^9} \right] - HeavisideTheta \left[t - \frac{4,2}{10^9} \right] \right)}{10^3} \quad (3)$$

и переводится в операторную форму функцией

$$i_{in.oper}[p] = LaplaceTransform[i_{in.real}[t], t, p]. \quad (4)$$

Для выражения формы выходного тока фотоумножителя необходимо учесть его передаточную, формирующуюся исходя из паразитной емкости (3400 пФ) и динамического сопротивления (40 Ом при токе 20 мА) фотоумножителя:

$$R_{sipm} = 40;$$

$$C_{sipm} = \frac{3400}{10^{12}};$$

$$W_{sipm.oper}[p] = \frac{R_{sipm}}{1 + pC_{sipm}R_{sipm}}; \quad (5)$$

$$i_{sipm.oper}[p] = W_{sipm.oper}[p]i_{in.oper}[p]. \quad (6)$$

Данные сигналы имеют вид, представленный на рис. 3.

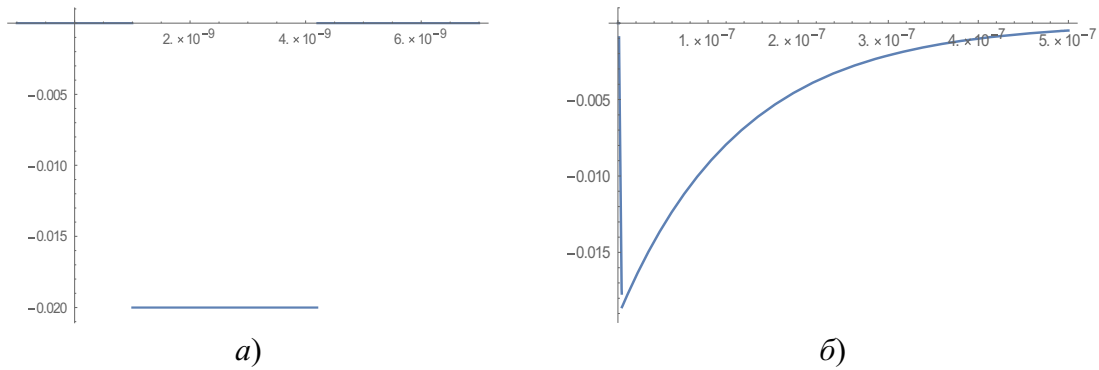


Рис. 3. Сигналы кремниевого фотоумножителя: а – входной; б – выходной

Для усиления и сглаживания сигнала фотоумножителя используется трансимпедансный предусилитель (рис. 4, а), имеющий передаточную функцию:

$$W_{amp.oper}[p] = -\frac{R_f}{1 + pC_fR_f}, \quad (7)$$

где C_f и R_f – элементы цепи обратной связи.

После прохождения сигнала через предусилитель сигнал принимает вид, показанный на рис. 4, б.

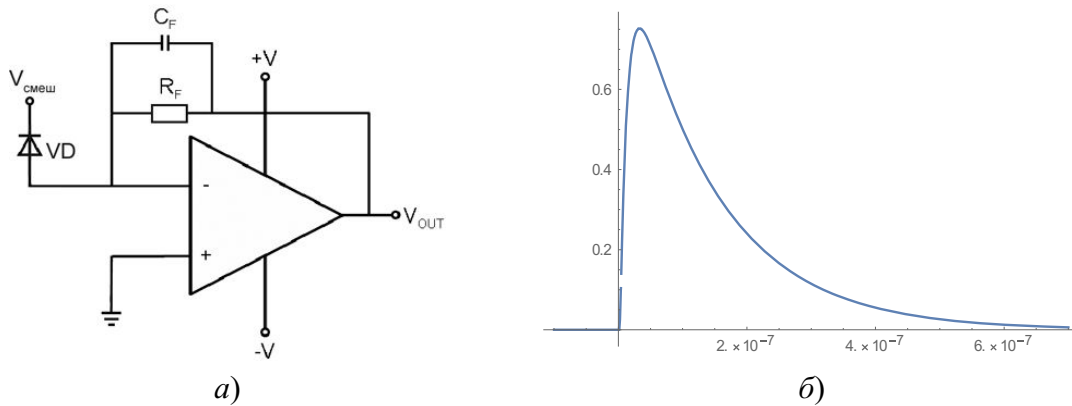


Рис. 4. Схемотехника: а – предусилителя; б – форма выходного сигнала

Для формирования биполярного импульса необходимо задержать импульс на необходимое время t_d , параллельно инвертировать и аттенуировать его и сложить два полученных сигнала при помощи сумматора. Для задержки сигнала используется последовательная цепь из девяти LC-контуров, каждый из которых описывается передаточной функцией

$$W_{delay}[p] = \frac{1}{1 + C_dL_dp^2 + C_dpR_{согл}}, \quad (8)$$

где C_f , R_f , $R_{согл}$ – параметры элементов линии задержки, подобранные так, чтобы задержка t_d была равна 70 нс (рис. 5, б).

Передаточная функция аттенуирующего инвертора с коэффициентом ослабления равным 5 (рис. 5, в) и функция сумматора определяются как:

$$V_{atten}[t] = -V_{out.amp.real}[t] \cdot 0,2; \quad (9)$$

$$V_{summ}[t] = V_{atten}[t] + V_{delay.real}[t]. \quad (10)$$

После суммирования полученных сигналов на выходе дискриминатора формируется биполярный сигнал, имеющий форму, полученную показанную на рис. 5, з.

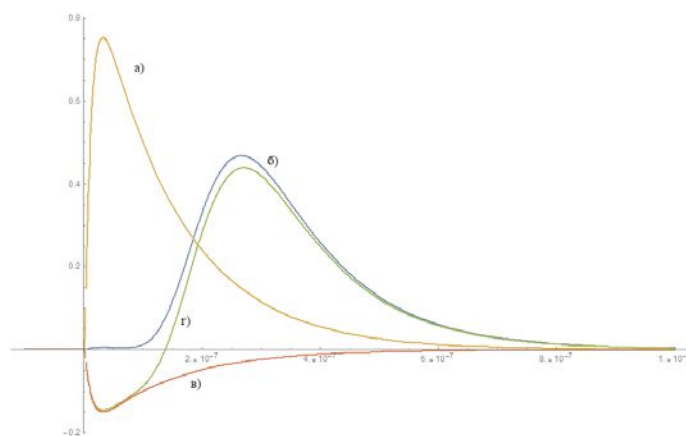


Рис. 5. Выходные сигналы: а – предусилителя; б – линии задержки; в – инвертирующего аттенюатора и з – сумматора

Заключение

Для продолжения проекта необходимо спроектировать схему компараторов и логику, реагирующую на пересечение нулевой точки нарастающим фронтом сигнала.

В результате реализации проекта будет разработана схема быстрой временной привязки импульсных сигналов спектрометрического тракта, не зависящая от скорости нарастания фронта входного сигнала.

Литература

1. Вестерман, Д. Применение трансимпедансных усилителей / Д. Вестерман // Новости электроники. – 2008. – № 5. – С. 29–31.
2. Ядерная физика в Интернете / Проект кафедры общ. ядер. физики физич. факультета МГУ, 2018. – Режим доступа: <http://nuclphys.sinp.msu.ru>. – Дата доступа: 12.03.2018.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОСВЕЩЕНИЯ

Е. А. Шпетный

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель В. А. Хананов

Традиционные лампы освещения не предоставляют гибкости в решениях, к которой люди стремятся в эпоху «Интернета вещей». Обычная лампа, установленная в люстре, бра или торшере, управляет одним параметром – включением (либо включена и светит, либо нет). Никаких промежуточных вариантов. «Умные» интеллектуальные лампы или системы освещения предоставляют возможность управлять значительно большим количеством параметров: от контроля яркости и цвета

освещения, до определения внешних условий, в зависимости от которых они работают по заранее заданному алгоритму. В принципе, возможно управлять «умным» освещением из любого места на земле, используя такие логические интернет-инструменты, как, например, IFTTT.

Приведем несколько примеров возможностей интеллектуальной системы освещения [1]:

- 1) имитация присутствия в доме, во время отъезда хозяина;
- 2) автоматическое включение света, когда вы входите в комнату вечером;
- 3) автоматическое снижение яркости освещения при включении телевизора;
- 4) выполнение функций будильника;
- 5) автоматическое включение при приходе хозяина дома;
- 6) управление при помощи голоса.

К основным преимуществам интеллектуального освещения относят [2]:

- 1) экономия энергии;
- 2) удобство управления;
- 3) многообразие возможных функций.

В табл. 1 приведено сравнение представленных на белорусском рынке интеллектуальных ламп по основным техническим характеристикам. Следует отметить достаточно высокую стоимость всех представленных моделей. Поэтому разработка отечественной интеллектуальной системы освещения является актуальной задачей.

Таблица 1

Производитель	Цена (BYN)	Функция будильника	Автоматическое снижение яркости	Автоматическое включение света	Включение по расписанию	Имитация присутствия
Philips Hue	140	✓	✓	✓	✓	✓
BeON	118	×	✓	✓	✓	✓
LIFX	100	✓	✓	✓	×	✓
Xiaomi Yeelight LED	40	✓	✓	×	✓	×
LightFreq	90	✓	✓	✓	✓	×

На рис. 1 представлена структурная схема разрабатываемого устройства, где:

- Bluetooth – модуль беспроводной связи спецификации Bluetooth 4.0;
- МК – микроконтроллер;
- Датчики – датчик дыма, освещения, присутствия с цифровым выходом;
- БУСД – блок управления светодиодами;
- БП – блок питания;
- светодиоды.

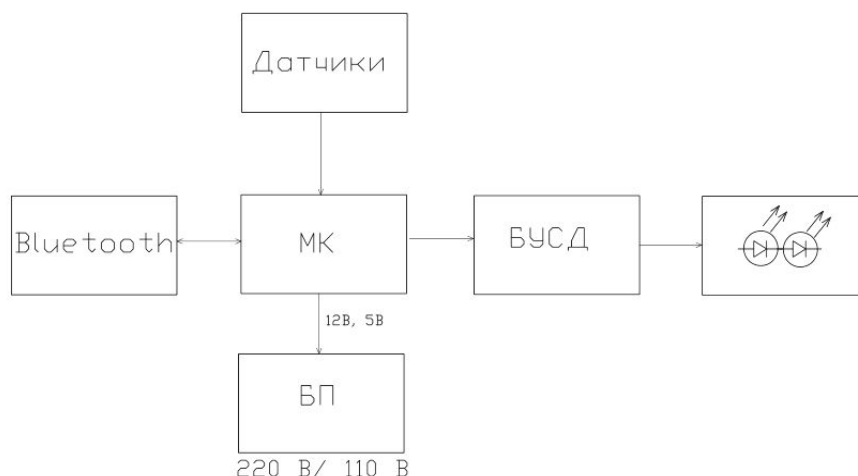


Рис. 1. Структурная схема устройства

Опишем структурную схему разрабатываемого устройства. Основным узлом является микроконтроллер, который обрабатывает информацию, полученную от датчиков дыма, освещения, присутствия и т. п. и на ее основе принимает решение о включении / выключении / изменении яркости освещения в соответствии с заранее заданным алгоритмом. После чего МК подает управляющий сигнал на БУСД, который, по сути, представляет собой управляемый источник тока, т. е. управляет яркостью светодиодов посредством контроля среднего тока, протекающего через них. Связь с пользователем и / или сервером осуществляется по протоколу Bluetooth 4.0, для чего в схему установлен соответствующий модуль. Блок питания преобразует входное переменное сетевое напряжение в постоянное напряжение питания МК – 5 В, и БУСД – 12 В.

Предлагаемая интеллектуальная система освещения работает по заранее заданным пользователем механизмам, часть из которых представлена в табл. 2.

Таблица 2

Алгоритмы	Примеры использования	Пусковое устройство
Расписание	Включить свет в 7 утра	–
Астрографик	Включить свет через час после заката	–
Таймер	Включить через 3 мин	–
Колл. естественного света	Включить свет когда темно	Датчик света
Присутствие / отсутствие людей	Включить, когда кто-то вошел в комнату	Датчик движения Датчик присутствия
Сигналы внешних устройств	Включить свет при пожаре, при взломе	Датчик дыма, Охранная сигнализация

Вывод: Предложенная интеллектуальная система освещения предназначена для контроля отдельными световыми приборами или группами приборов из единого пользовательского интерфейса-устройства, а также в случае экстренных ситуаций

имеется возможность автоматического включения освещения и позволяет автоматически проводить энергосбережение как в малых частных помещениях, так и в больших промышленных.

Л и т е р а т у р а

1. Стюарт, Б. Р. Аналоговые интерфейсы микроконтроллеров : практ. пособие по применению различных интерфейсов для подключения аналоговых периферийных устройств к компьютерам, микропроцессорам и микроконтроллерам / Б. Р. Стюарт. – 2007. – 360 с.
2. Оптимизация освещения – Аналитический центр при правительстве России. – 2017. – 48 с.
3. DiLouie, Craig (2008). Lighting controls handbook. Lilburn, Ga. [u.a.] : Fairmont Press [u.a.]. – 2017. – 239 с.

**THE CONTROL AND DATA TRANSFER SYSTEM
OF THE AUTOMATED HYDROMETEOROLOGICAL /
ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM OF THE THEOREMS-DNIPRO
INTERNATIONAL PROJECT**

Yauhen Tsimashenka

Sukhoi State Technical University of Gomel, Republic of Belarus

Research supervisors Yury Kryshneu, PhD; Andrei Sakharuk

Starting from November 30, 2017, by the First Program of territorial cooperation for the countries of the Eastern Partnership «Belarus–Ukraine», which is funded by the European Union, a project «THEOREMS-Dnipro» (Transboundary Hydrometeorological and Environmental Monitoring System of Dnipro river) is developing. The main result of the project should be to improve the efficiency of the management of transboundary water resources of the Dnipro river.

Overall objective of project is increasing the efficiency of the integrated management of transboundary water resources of Dnipro River.

Specific objectives of project:

1. Improving the efficiency of the monitoring system of hydro-meteorological and environmental parameters of transboundary water resources of Dnipro River Basin.
2. Expansion of cooperation between Ukraine and the Republic of Belarus organizations, that control and share the information of hydro-meteorological and environmental conditions of transboundary water resources.
3. Raising public awareness and understanding of international water resources problems in transboundary areas of Dnipro Basin.

The project provides for development and implementation of two unified Automated HydroMeteorological / Ecological Station (AHMES) with wireless connection to the web-server, PV power supply and alarm system for target group information, creation Web-page and Web-application with interstate database for hydro-meteorological and environmental parameters of river. AHMES stations will include the necessary set of measuring, information and telecommunication facilities and work with the use of natural energy sources. Under the terms of the project, AHMES stations should be place at the sites of long-term hydrological observations of the transboundary zone of the Dnipro River. At the moment such places are: on the Belarusian side the Loyew hydropost, on the Ukrainian side – the Lyubech hydrogpost.

Structurally, the hydrometeorological and ecological station AHMES consists of a data acquisition module, a required set of sensors, an information transfer module, and a power supply module.

Figure 1 shows the structural diagram of AHMES measuring station.

The most important parameters for the local people are the water quality and water level of the Dnipro River. It should be noted that in case of harmful substances release into the river, in the absence of a timely response, the number of affected people may be noticeably greater, hence the main emphasis is measuring precisely these parameters.

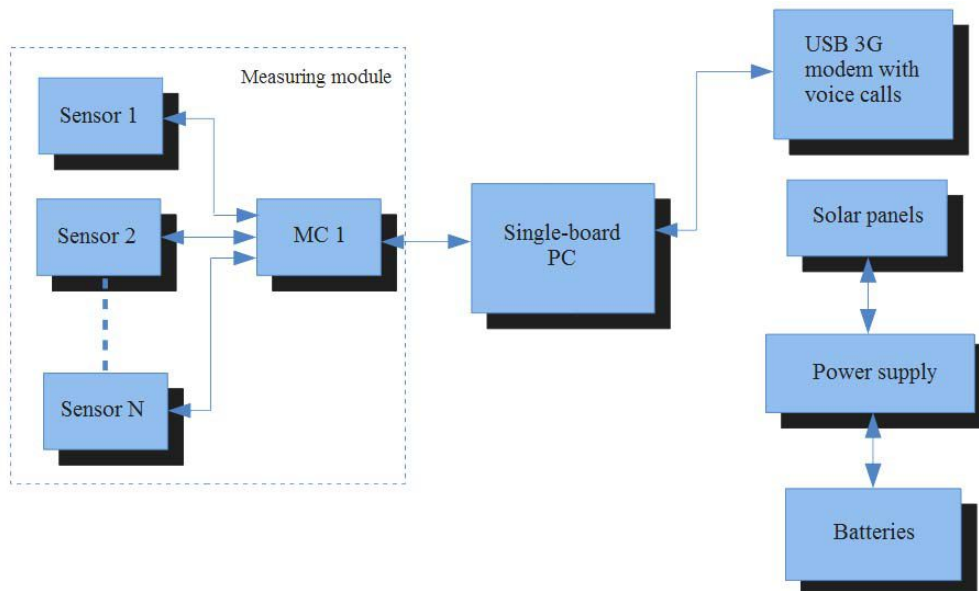


Fig. 1. Structural diagram of AHMES measuring station

The measuring system of the complex station AHMES will consist of several elementary measuring stations connected together on the central server, from which the already processed information would flow both to the Web-server, to inform the population about measured parameters, and to dispatching areas of the emergency services of Belarus and Ukraine.

To collect data from sensors and data transmission via GSM / GPRS modem is required Single-Board Computer with analog inputs and RS485 modules. One of the most suitable variants of a Single-Board Computer for solving this problem is SBC35-C398 – Single-Core ARM® Industrial Computer with NXP's i.MX 6 Processor [1].

The WinSystems SBC35-C398 Single Board Computer (SBC) enables customers to use the full capabilities of the NXP i.MX6 CPU, which WinSystems has integrated into a compact, rugged, industrial form factor. This design features the following:

- High-Performance Computer: With Single, Dual, or Quad core ARM Cortex A9 options, the SBC35-C398Q product family provides a performance, scalable, multi-core platform.

- Multiple Displays with video acceleration: Supporting from two to four active displays, Camera, MIPI capture and display, and power efficient accelerators for 2D, 3D, HD Video, and multimedia applications.

- Robust I/O Platform: Each system supports the full range of available integrated I/O, including Storage, Networking, GPIO, COM, CAN, I2C, SPI, WDT, RTC, and MiniPCIe expansion.

- Reliable in extreme environments: WinSystems specifically designed the SBC35-C398 family for the rugged and wide operating range required of modern Industry. Passive Cooling operation from $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ and a wide power input range of $+10\text{VDC}$ to $+50\text{VDC}$.

Figures 2 and 3 show the location of the information connectors SBC35-C398Q, and in Table 1 – a list of its main characteristics.

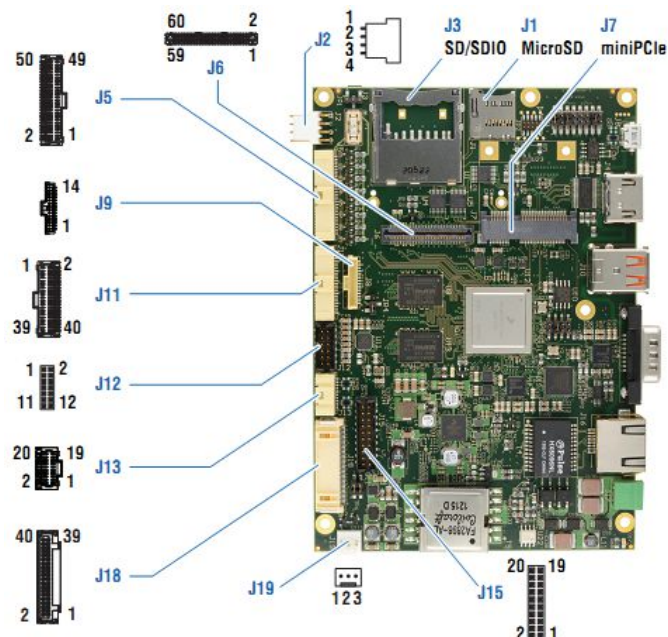


Fig. 2. SBC35-C398 Top View Connections: J1 – Micro SD; J2 – Power Controls; J3 – SD/SDIO; J5 – GPIO; J6 IO60 Expansion Bus; J7 – MiniPCIe (SBC35-C398DL and SBC35-C398Q Only); J9 – Backlight Power; J11 – LVDS; J12 – Analog Audio; J13 – Four USB Ports (SBC35-C398DL and SBC35-C398Q Only); J15 – Controller Area Network (CAN) BUS Connector (SBC35-C398DL and SBC35-C398Q Only); J18 – COM 2, 3, 4, & 5 (SBC35-C398Q Only); J19 – External Battery Connection

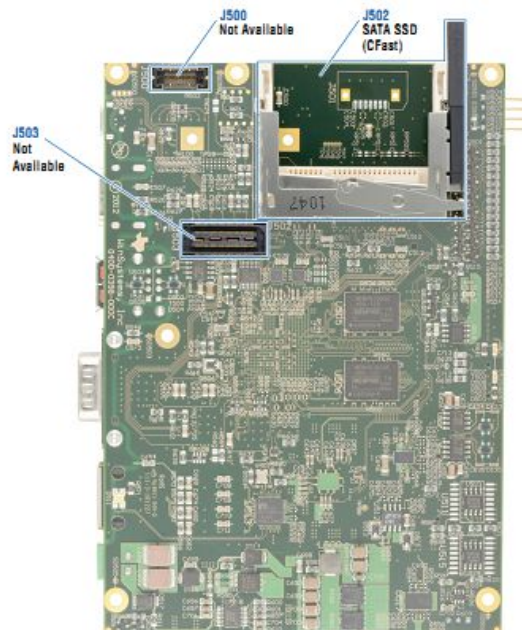


Fig. 3. SBC35-C398 Bottom View Connections: J500 – Not Available; J502 – SATA SSD (CFast)(SBC35-C398Q Only); J503 – Not Available

List of its main characteristics of SBC35-C398Q-2-0

Processor Cores Frequency Cache	NXP i.MX 6Q 4x ARM Cortex A9 800MHz 32KB/32KB L1, 1MB L2	Audio Interfaces	HDMI + Line In/Out, Mic, Head
Memory Embedded SRAM	2GB 64bit DDR3 256KB	General Purpose I/O	24 Lines Tolerant to 30V
Hardware Display Accelerators 3D Graphics Core 2D Graphics Core Vector Graphics Core	NEON Media Processor Engine Open GL ES 3.0, Open CL Dual BitBlt OpenVG 1.1	Mass Storage	CFast + SD/SDIO + MicroSD
Video Interfaces HDMI 1.4 Type A LVDS Interface MIPI/DSI	Up to Four Active Displays HD1080p60 2x (2048x1536) or 2x (1280x720) Capture + Display	Expansion Bus Connectors Mini PCIe IO60	One Half Size I2C, SPI, TTL & PWM
MIPI	Display Port + Camera Input	Operating Temperature	-40 °C to +85 °C
Camera Interface	CMOS 8 bit	Timers	Three
Ethernet	1 Gbps Wake on LAN (WOL) IEEE 1588	Real Time Clock	Secure RTC
Serial RS 232/422/485 RS 422/485	2x up to 1 Mbps 3x up to 5 Mbps	Battery	Optional External
CAN Ports	Two	Watchdog Timer	Programmable + TrustZone
USB Ports with Over Current Protection	6x USB 2.0 + On The Go	Electrical PoE PD Aux. Input Mechanical Dimensions Weight PC Board Thickness	IEEE802.3at 10-50VDC 102 x 146 mm 142.2 gm 0.078"



The project is
cofunded by the
European Union

List of sources used

1. SBC35-C398. Single-Core ARM® Industrial Computer with NXP’s i.MX 6 Processor. – Product Manual. – 51 p.

ПРИНЦИП ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

Е. А. Ильющиц

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Ю. В. Крышнев

Для обеспечения гарантированной доставки навигационных параметров – данные о токах утечки и иных параметров, получаемых с измерительных блоков, установленных на транспортном средстве – целесообразно использовать специализированные службы распространения данных. На сегодняшний день наиболее актуальной и перспективной службой гарантированной доставки данных является проект OpenDDS. OpenDDS – это C++ реализация службы распределения данных (OMG) службы управления объектами (DDS) с открытым исходным кодом [1].

На рис. 1 показана структурная схема диспетчерской части, которая состоит:

- 1) из объектов, которые публикуют в сети данные, разделенные по тематике (Publisher);
- 2) из подписчиков (Subscriber), которые выбирают из всего потока публикуемых данных только те, которые им необходимы.

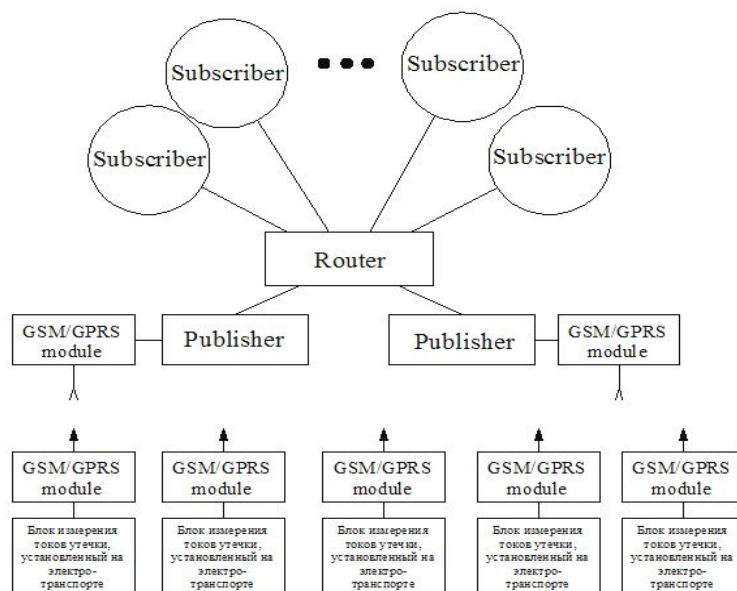


Рис. 1. Структурная схема диспетчерской части

Блоки измерения токов утечки работают под управлением микроконтроллера ATxmega128, который осуществляет контроль GSM/GPRS модуля, а также обеспечивает работу и считывание данных с четногармонического μ -преобразователя бесконтактного датчика токов утечки.

В качестве Publisher выступают одноплатные вычислительные модули на базе процессора MPC8308RDB с архитектурой PowerPC. Основным преимуществом этих модулей является низкое энергопотребление, надежность, высокая отказоустойчивость и производительность, поддержка сети Ethernet 1000 Mbps, работа под управлением ОС Linux. Для достижения максимально быстрой загрузки был собран и адаптирован первичный загрузчик U-Boot. U-Boot отвечает за предварительную инициализацию окружения и производит запуск ядра Linux. В силу того что он работает на физическом уровне и общение с окружением происходит быстрее, на него была возложена задача проинициализировать большую часть окружения, чтобы ядро произвело максимально быстрый старт. Для достижения максимальной производительности, безопасности и экономии ресурсов собрана адаптированная под данный модуль собственная ОС Linux на базе ядра Linux-3.19 и файловой системы Debian. Основная функция блоков Publisher: прием сообщений с GSM/GPRS модулей, сортировка и назначение тематики данным. К примеру, публикация сообщений, содержащих список электротранспорта, у которых в течение суток наблюдалось превышения предельного порога токов утечки, текущих показаний с датчиков и т. д. Все данных шифруются и отправляются в сеть средствами OpenDDS.

В качестве Subscriber могут выступать любые персональные компьютеры, под управлением ОС Linux и установленным OpenDDS. Основная функция Subscriber: прием сообщений через OpenDDS нужной тематики, к примеру, прием данных о токах утечки от определенных электротранспортных средств или от тех, у кого превышен предельный порог токов утечки. Также Subscriber выполняет функции отображения, обработки, формирования истории приходящих данных. Так как мы имеем № диспетчерских станций, то каждый Subscriber имеет выход в сеть Интернет, формирует собственную тематику сообщений и выступает в качестве Publisher для других станций. Таким образом, обмен данными может проходить между диспетчерскими пунктами. В случае невозможности принятия сообщений по сети GPRS диспетчер их сможет получить от других станций, которые находились в зоне доступности интересующего объекта (рис. 2).

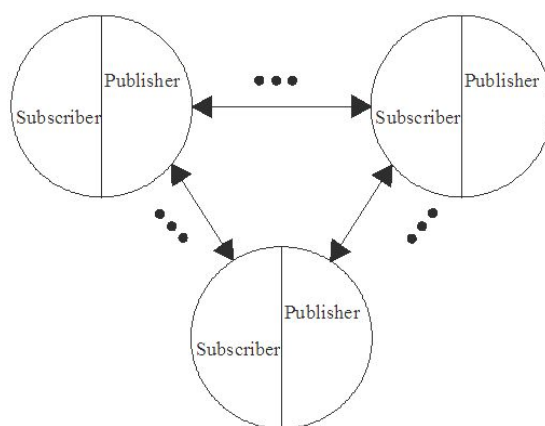


Рис. 2. Структурная схема обмена данными между диспетчерскими пунктами

Для хранения истории сообщений каждый ПК диспетчера будет иметь NoSQL базу данных CouchDB, основное преимущество которого – это синхронизация данных между узлами, объединение узлов (в данном случае узлами выступают ПК диспетчеров) в кластер, встроенная система контроля версий, обработка конфликтов и

др. По истечении определенного времени данные из базы данных отправляются в облако и удаляются с ПК во избежание полного заполнения физической памяти [2].

Литература

1. OpenDDS. – Режим доступа: <http://opendds.org>. – Дата доступа: 10.04.2018.
2. Strauch, C. NoSQL Databases, Lecture: Selected Topics on Software-Technology Ultra-Large Scale Sites / C. Strauch. – Stuttgart : Stuttgart Media University, 2011. – P. 149.

**УСТРОЙСТВО СИГНАЛИЗАЦИИ И ИНФОРМИРОВАНИЯ
О ПРЕВЫШЕНИИ ТОКА УТЕЧКИ В СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ
ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА**

Е. А. Ильющиц

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научные руководители: Ю. В. Крышнев, Ю. А. Козусев

На сегодняшний день на каждой из линий отстойно-разворотного кольца маршрута движения электротранспорта вывешен вертикальный провод, который обязательно касается корпуса троллейбуса. После проезда под контрольным проводом в случае наличия тока утечки на корпусе загорается хорошо видимый водителю «красный» индикатор, и перед открытием дверей водитель обесточивает троллейбус, затем ожидает приезда технических служб.

Возможность автоматизации измерения, регистрации и передачи данных в режиме реального времени позволит оперативно принимать решения диспетчерам, и, как следствие, повысит безопасность городского электротранспорта.

Для измерения тока утечки разработана следующая схема (рис. 1):

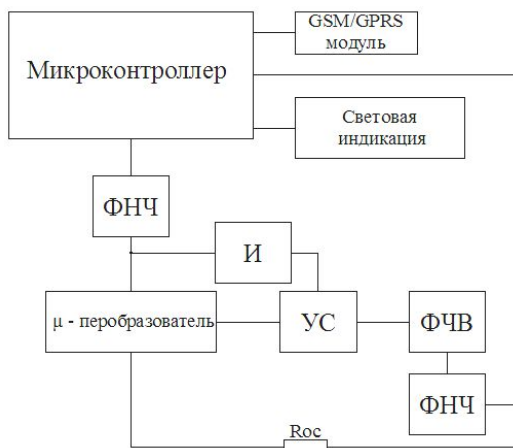


Рис. 1. Структурная схема бесконтактного измерителя тока

Основной особенностью данной схемы является то, что питающий сигнал синусоидальной формы реализуется с помощью ШИМ-сигнала, который генерирует микроконтроллер, и фильтра нижних частот Баттерворта 2-го порядка. При протекании измеряемого тока, за счет формирования постоянной намагничивающей силы, потоки феррозондов ввиду нелинейности магнитных систем, кроме первой, содержат и высшие гармоники. Четные гармоники наведенной в измерительной обмотке

ЭДС суммируются, формируя сигнал $E(t)$, пропорциональный измеряемому току [2]. Сигналы $E(t)$ считываются АЦП микроконтроллера, преобразуются и в режиме реального времени поступают в диспетчерские пункты с указанием времени, уникального номера транспортного средства и координат его местонахождения. Если сигнал превысит предельно допустимый порог, то об этом незамедлительно будут проинформированы водитель с помощью световой индикации, а также диспетчеры. В качестве дополнительной меры информирования будут отправлены SMS-сообщения ближайшим диспетчерам и водителю.

В качестве средства связи между контроллером и световой индикацией может выступать беспроводной канал связи, реализованный на микросхеме HC-06. Структурная схема реализации приведена на рис. 2.

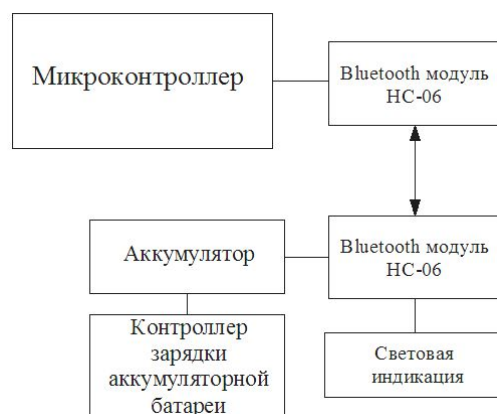


Рис. 2. Структурная схема передачи сигнала о превышении предельно допустимого значения тока утечки водителю с использованием беспроводного канала связи

Преобразователь может применяться как в качестве индикатора превышения токами утечки заданного уровня, так и в качестве измерителя.

Несомненное преимущество данного преобразователя – отсутствие влияния на качество изоляции, которое свойственно контактным средствам контроля токов утечки.

Литература

1. СТБ 1729–2007 Транспорт дорожный. Троллейбусы. Требования к техническому состоянию по условиям безопасности движения. Методы проверки.
2. Ильющич, Е. А. Обзор принципов бесконтактного контроля токов для систем сигнализации и защитного отключения / Е. А. Ильющич // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XVII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 27–28 апр. 2017 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2017. – С. 312–314.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЗА ТЕМПЕРАТУРОЙ И ПУЛЬСОМ БОЛЬНОГО

А. А. Мигай

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. В. Сахарук

На данный момент информационные технологии в медицинских учреждениях очень распространены. Практически во всех медицинских учреждениях, как государственных, так и частных, мониторинг пациентов осуществляется с помощью информационных систем. Современные ИТ разработки оказывают положительное влияние на развитие новых способов организации медицинской помощи населению. Эта область постоянно развивается, и формируются новые подходы к данной деятельности.

Внедрение ИТ в сферу здравоохранения позволяет улучшить качество обслуживания, заметно ускоряет работу персонала и снижает затраты на обслуживание для пациентов.

В настоящее время на рынке существует множество аналогов автоматизированных систем контроля. Но существующие аналоги имеют ряд минусов, таких как высокая стоимость устройств и низкая точность измерения жизненных показателей. Таким образом, целью нашей работы является разработка автоматизированной системы контроля за температурой тела и пульсом пациента.

Дистанционный мониторинг за состоянием здоровья пациентов на базе беспроводной системы браслета представляет собой информационную беспроводную систему, имеющую интерфейсы для сбора и обработки жизненных показателей пациента (таких как температура и частота сердечных сокращений) в режиме реального времени с возможностью передачи данных лечащему врачу для оперативного контроля физического состояния пациента. Благодаря данным о состоянии пациента лечащий врач предоставляет более качественное медицинское обслуживание.

Устройство будет измерять температуру при помощи датчика инфракрасного термометра в корпусе ТО-39 MLX90614, в пределах от 27–42 °С и с погрешностью в 0,02 градуса. Это позволит точно контролировать температуру человека на протяжении всего дня. Температура тела выше 37 °С свидетельствует о наличии в организме воспалительного процесса или о присутствии инфекции. Если температура тела находится в пределах от 37–38,5 °С, сбивать ее не нужно, так как повышение температуры является защитным механизмом организма. Нужно пить больше воды (на каждый градус повышенной температуры дополнительно необходимо выпивать от 0,5 до 1 литра жидкости). В случае если температура превышает 38,5 °С, нужно принимать жаропонижающее средство, предварительно проконсультировавшись с врачом. Скорую помощь нужно вызвать, если температура не спадает, а поднимается выше 39,5 °С. Критической температурой считается 42 °С и выше. При такой температуре происходит нарушение обмена веществ в тканях мозга. Так же опасна и низкая температура. Например, постоянная температура тела не выше 35 °С однозначно свидетельствует о наличии серьезного хронического заболевания, снижение до 29,5 °С влечет за собой потерю сознания. Температура 27 °С и ниже считается критическим показателем. При такой температуре у пациентов развивается коматозное состояние, зрачки на свет не реагируют. Без экстренной медицинской помощи и очень активного согревания шансов выжить у человека очень немного.

Особенности использования термометра в браслете:

1. Измеряет температуру в режиме реального времени, не доставляет никакого дискомфорта.

2. Отправляет все данные пациента на сервер.

3. Лечащий врач сможет в любое время посмотреть эти данные.

Датчик измерения сердечных сокращений Max30100 в устройстве сможет проинформировать, когда будет достигнуто рекомендованное врачом максимальное значение частоты пульса. Это очень важно пациентам, которые страдают сердечно-сосудистыми заболеваниями. В первую очередь это патологии, которые сопровождаются нарушением ритма сердца – мерцательная аритмия, пароксизмальная тахикардия, различные внутрисердечные блокады. Приобретенные и врожденные пороки сердца также требуют постоянного контроля работы сердца. Довольно часто врачи рекомендуют носить пульсометры людям в постинфарктном периоде, когда крайне важно не перегружать сердце, а именно под контролем подобного прибора это легче всего сделать. Также использование пульсометров показано при физических нагрузках, связанных с различными реабилитационными и лечебными упражнениями – лечебной физкультуре, восстановлении после операций на сердце и сосудах, гимнастике при хронических и обменных заболеваниях – ожирении, сахарном диабете, заболеваниях щитовидной железы.

Пульсометр показывает своему владельцу, с какой интенсивностью сокращается его сердечная мышца. Прибор достаточно прост и компактен, работает по принципу аппарата электрокардиографии. Во время измерения показателей электронные сигналы сердечной деятельности, которые формируются при сокращении миокарда, воспринимаются датчиком и передаются к принимающему устройству. После обработки сигнала измеряемые показатели отображаются на дисплее. Полученные таким образом данные можно сохранять и при необходимости воспроизводить. Изначально пульсометры использовали только спортсмены для оценки эффективности проводимых тренировок. Сегодня прибор используется во многих областях, в том числе и спортивной медицине, также не лишним данное устройство будет для пациентов, имеющих кардиопатологию, находящихся на этапе реабилитации. Подобным больным показан постоянный мониторинг, поскольку излишнее перенапряжение может негативно отразиться на здоровье сердца. Пульсометр нужен для того, чтобы:

- узнать и оценить реакцию собственного организма на нагрузку;
- контролировать частоту сердечных сокращений в покое и при различных видах деятельности;
- избежать перегрузки и развития нежелательных последствий для сердца и всего организма;
- отслеживать прогресс тренировок или оздоровительных занятий физкультурой;
- подобрать и при необходимости корректировать индивидуальную программу физических нагрузок.

Так как устройство работает автономно и по размерам является малогабаритным, отправлять данные каждую секунду не рационально с точки зрения автономности. Поэтому сначала производятся измерения, потом данные с браслета будут отправляться на сервер через заданный интервал времени. Это позволит в значительной степени увеличить автономность устройства.

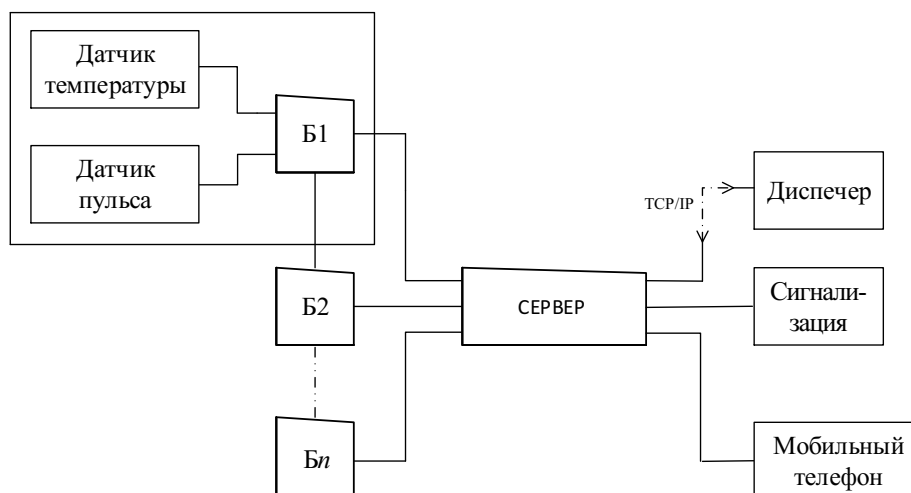


Рис. 1. Функциональная схема системы контроля за пациентом

В наличии имеется определенное количество браслетов. Как только пациенты одевают наши браслеты, сразу же информация, связанная с состоянием пациента, отправляется на сервер через канал связи NRF24L01. Здесь мы будем задавать интервалы измерений.

Через заданный интервал наша информация с сервера будет передаваться непосредственно диспетчеру через ТСР/IP. Диспетчер будет контролировать данные с браслета (историю пациента, экстренные данные, такие как высокая температура, учащенное сердцебиение, статистику для врача и т. д.).

Также информация будет передаваться и на мобильное приложение, которое будет разработано для android устройств. Там будет понятный и информативный интерфейс.

Заключение

Будущее медицины за информационными технологиями в развитии дистанционного мониторинга за состоянием пациентов – это то направление, которое пока не имеет возможности показать все свои преимущества медицинским учреждениям, тем не менее эффективность дистанционного мониторинга пациентов по медицинским или экономическим результатам доказана различными международными исследованиями.

Литература:

1. Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/148/41522/>.
2. Режим доступа: <http://swsys-web.ru/information-technology-in-health-care.html>.
3. Режим доступа: https://tehnoobzor.com/tests-reviews/home_appliances/457-intellektualnyy-termometr-dlya-detey-itherm.html.
4. Режим доступа: <http://www.kardi.ru/ru/index/Article?&ViewType=view&Id=92>.

СІСТЭМА ЗБОРУ І ПРАДСТАЎЛЕННЯ НА WEB-САЙЦЕ ГІДРАМЕТЭАРАЛАГІЧНАЙ І ЭКАЛАГІЧНАЙ ВЫМЯРАЛЬНАЙ ІНФАРМАЦЫІ

М. А. Несцярэнка, У. А. Рамнеў

*Установа адукацыі «Гомельскі дзяржаўны тэхнічны
ўніверсітэт імя П. В. Сухого», Рэспубліка Беларусь*

Навуковыя кіраўнікі: Ю. В. Крышнеў, А. У. Сахарук

Праект «THEOREMS-Dnipro» (гідраметэаралагічны і экалагічны маніторынг трансгранічнага ўчастка ракі Дняпро) накіраваны на павышэнне эфектыўнасці сістэмы маніторынгу ракі Дняпро і павышэнне экалагічнай свядомасці і эфектыўнасці комплекснага кіравання трансгранічнымі воднымі рэсурсамі ракі Дняпро ў Чарнігаўскай і Гомельскай абласцях. Унікальнасць праекта заключаецца ў тым, што дзве новыя станцыі комплекснага маніторынгу на тэрыторыі Беларусі (г. Лоеў) і Украіны (г. Любеч) будуць аўтаматызаванымі і энергетычна аўтаномнымі (АНMES –Automated HydroMeteorological / Ecological Station), мець магчымасць аддаленага кіравання. Пашырыцца спіс параметраў даследавання ракі і навакольнага паветра. Таксама будзе створана база даных для захоўвання інфармацыі са станцый, да якой будуць мець доступ арганізацыі, задзейнічаныя ў кантролі і кіраванні воднымі рэсурсамі.

Спіс асноўных мерапрыемстваў праекта:

- распрацоўка праграма-алгарытмічнага забеспячэння АНMES;
- распрацоўка інфармацыйнай сістэмы верхняга ўзроўню для дыстанцыйнага канфігуравання вымяральной / тэлекамунацыйнай сістэмы кожнай станцыі АНMES;
- распрацоўка Web-сэрвісу для візуальнага і лічбавага прадстаўлення вымяральной інфармацыі гідралагічным, метэаралагічнай службам, службам радыяцыйнага кантролю і экалагічнага маніторынгу Беларусі і Украіны;
- стварэнне тэлекамунацыйнай сістэмы прадстаўлення вымяральной інфармацыі ў рэальным маштабе часу на Web-рэсурсе;
- стварэнне тэлекамунацыйнай сістэмы апэратыўнага інфармавання службаў МНС Беларусі і Украіны аб небяспечных значэннях рэгіструемых параметраў.

Структура базы даных

У якасці СКБД будзе выкарыстоўвацца MySQL. Свабодная рэляцыйная сістэма кіравання базамі даных. MySQL – хуткі шматструменны, шматкарыстальніцкі надзейны SQL-сервер баз даных. (SQL – мова структураваных запытаў). Сервер MySQL прызначаны для разнастайных сістэм, ад маленькіх сайтаў да буйных Інтэрнэт-праектаў. Цяпер гэта самы распаўсюджаны сервер баз даных у сетцы Інтэрнэт. MySQL – гэта сістэма кіравання рэляцыйнымі базамі даных. У рэляцыйнай базе даных даныя захоўваюцца ў асобных табліцах, дзякуючы чаму дасягаецца выйгрыш у хуткасці і гнуткасці. Табліцы звязваюцца паміж сабой, есць магчымасць аб'ядноўваць пры выкананні запыту даныя з некалькіх табліц [7].

Плюсам выкарыстання СКБД з'яўляецца захоўванне інфармацыі ў спарадкаваным выглядзе, для больш хуткага доступу да яе [2].

У асобнай базе даных будзе захоўвацца атрыманая інфармацыя аб вымярэннях і аб саміх станцыях. Інфармацыя аб вымярэннях будзе разбіта на табліцы па тыпу атрыманых вымярэнняў (кожны з параметраў мае свае адзінкі вымярэння) [5].

Прыклад табліцы базы даных для вымеранага параметру «Тэмпература»:

station_id	value	time
int	float	timestamp
1	12,3	2018-04-12 09:40:23
2	10,7	2018-04-12 09:40:33
1	12,4	2018-04-12 09:47:03

Спіс асноўных параметраў:
Узровень вады
Тэмпература вады
Тэмпература паветра
Вільготнасць паветра
Атмасферны ціск
Напрамак ветру
Хуткасць ветру
Колькасць ападкаў
Экалагічныя параметры вады
Радыацыйны фон

У якасці сістэмы кіравання сайтам (CMS) будзе выкарыстоўвацца WordPress. Яго выбар абгрунтаваны тым, што гэта бясплатнае праграмае забеспячэнне, з адкрытым зыходным кодам, якое рэгулярна абнаўляецца і падтрымліваецца распрацоўшчыкамі. Яна напісана на PHP, а таксама выкарыстоўвае сервер базы даных MySQL [1].

Патрабаванні да сервера:
СКБД – MySQL 5.5.3 або вышэйшая любая версія 5.X.X (ці сумяшчальная, напрыклад, MariaDB 10.1 або вышэй).
Інтэрпрэтатар – PHP7, версіі 7.0 або 7.1 (больш прыярытэтная). З модулямі для работы з JSON, HASH і іншымі модулямі для карэктнай работы CMS WordPress.
Web-сервер – Apache 2.4 або вышэй з mod_mysql, mod_xml, mod_zlib, mod_rewrite і ўключанай падтрымкай htaccess.
Доступ да CRON-задач [4]

Сайт павінен забяспечваць:

- адлюстраванне навін;
- вывад актуальнай інфармацыі, атрыманай са станцый АНМЕС;
- магчымасць прагляду гісторыі вымярэнняў у вызначаныя прамежкі часу;
- захоўванне інфармацыйных карт з размяшчэннем станцый АНМЕС;
- пабудаванне графікаў.

Інфармацыя аб вымярэннях будзе паступаць на сайт з дапамогай API (Application Programming Interface). API – гэта інтэрфейс, які дазваляе атрымліваць інфармацыю з БД у строга вызначаным фармаце. Выгодай выкарыстання API

з'яўляецца тое, што не трэба ведаць пра тое, як уладкаваная БД і з якімі табліцамі ўзаемадзейнічаць. API сам прапануе спіс неабходных каманд для работы [3].

Даныя ад станцыі, падпісаныя сакрэтным ключом, будуць перадавацца да прыватнага API. Подпіс дазваляе правярыць сапраўднасць атрыманых даных. З дапамогай публічнага API даныя змогуць атрымаць іншыя арганізацыі (прыклад: Белгідрамет), а таксама ажыццяўляецца вывад на сайт.

Іншыя агульнадаступныя API часцей за ўсе аддаюць даныя ў адным з дзвюх фарматаў: XML або JSON. У нашым выпадку будзе выкарыстоўвацца фармат JSON [6].

За кошт сваёй лаканічнасці ў параўнанні з XML, фармат JSON можа быць больш прыдатным для серыялізацыі складаных структур. Калі казаць пра Web-праграмы, у такім ключы ён мэтазгодны ў задачах абмену данымі як паміж браўзэрам і серверам, так і паміж самімі серверамі (праграмныя HTTP-спалучэнні).

Высновы

1. Прадугледжана стварэнне тэлекамунацыйнай сістэмы аператыўнага інфармавання службаў МНС Беларусі і Украіны аб небяспечных значэннях рэгіструемых параметраў.

2. Публічны і прыватны API прадугледжаны на асобных паддаменах. Выкарыстоўваецца пратакол HTTP(s), фармат уводу-вываду даных – JSON, які дазваляе перадаваць даныя з унікальным подпісам, для праверкі іх сапраўднасці, а таксама перадаваць даныя іншым арганізацыям.

3. Стварэнне сайта прадугледжана на CMS WordPress для прадстаўлення вымяральной інфармацыі ў рэальным маштабе часу.



The project is
cofunded by the
European Union



Літаратура

1. Макдональд, Мэцью. Вэб-распрацоўка. Вычарпальнае кіраўніцтва / Мэцью Макдональд. – В-ва «Пітэр», 2017.
2. Learning PHP, MySQL, & JavaScript 4th Edition (Robin Nixon), 2016.
3. Бейлі, Лін. Вывучаем PHP і MySQL / Лін Бейлі, Майкл Морысан. – 2016.
4. Рэжым доступу: <https://drive.google.com/drive/folders/1ezeArXlZQ9fTW3d1ljxzvp0ho1AHi-5F>, Патрабаванні да тэставага сэрверу, Гомель : 2018. – 1 с.
5. Рэжым доступу: <https://docs.google.com/document/d/1OnHIOtONWKnJvNLAfEm9mRlryeBEVrJm-15Je5UStL0/edit>, Зводная табліца тэхнічных параметраў THEOREMS-Dnipro, 2018. – 3 с.
6. Working with Web APIs, Launch School, 2018.
7. Кузнецов, М. В. MySQL 5. Наиболее полное руководство / М. Кузнецов, И. В. Симдянов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2010.

СЕКЦИЯ V ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА И ПРОМЫШЛЕННАЯ ПОЛИТИКА

ГРЕЙДОВАЯ СИСТЕМА ОПЛАТЫ ТРУДА КАК МЕТОД ЭКОНОМИЧЕСКОГО СТИМУЛИРОВАНИЯ ПЕРСОНАЛА В ОРГАНИЗАЦИИ

М. В. Брель

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Н. П. Драгун

В Республике Беларусь право выбора формы и системы оплаты труда принадлежит организации. Одной из перспективных, стимулирующих видов оплаты труда является грейдовая система оплаты труда.

Термин «грейд» произошел от английского слова «grade» – располагать по степеням, ранжировать, упорядочивать. Система грейдов – это определенная шкала должностей, самостоятельно выстраиваемая предприятием. Данная система строится на основе двух факторов: ценность каждого сотрудника и его вклад в общее дело, а также особенности самого предприятия. Таким образом, система грейдов основывается на результате труда работника и сочетает в себе широкий диапазон размеров заработной платы и распределение по иерархическим уровням [1].

Алгоритм применения системы оплаты труда на основе грейдов:

1. Устанавливаем критерии, по которым будет оценена должность. Чаще всего выделяются следующие критерии:

- наличие управленческих функций. Оценивается их объем и сложность по каждой должности в организации;
- уровень ответственности при выполнении должностных обязанностей, а также материальная ответственность должностного лица;
- сложность выполняемой работы. Оценивается количество и сложность решаемых проблем должностным лицом;
- уровень самостоятельности в работе. Необходимость принятия самостоятельных решений должностным лицом;
- уровень квалификации. Необходимость в дополнительном обучении, повышении квалификации и их оценка;
- опыт работы. Оценка не только количества отработанных лет, а также наличие необходимых знаний, навыков и умений.

Данные критерии устанавливаются каждой организацией самостоятельно в зависимости от индивидуальных особенностей организаций, сферы деятельности, организационной структуры, поэтому они могут существенно отличаться в различных организациях. Также может варьироваться количество критериев [2].

Обычно общая сумма баллов по всем критериям составляет 100 баллов.

2. Определяем уровни оценивания должностей и критерии по каждому уровню. Они необходимы для возможности дифференциации сложности трудового процесса, задавая порядок постепенного усложнения работ.

3. Устанавливаем ценность каждой должности. Определяется она с помощью суммирования полученных баллов по каждому критерию. Максимальная сумма баллов (100 баллов) должна соответствовать грейду руководителя. Сумма баллов для других

работников зависит от занимаемой должности, напряженности труда, личной результативности труда работника. Далее все должности ранжируются по возрастанию.

4. Разрабатываем непосредственно грейды. Количество грейдов получают путем деления всего множества балльных оценок на интервалы. При этом интервалы могут быть одинаковыми, а могут быть разными, т. е. все множество оценок делится на интервалы с неравным шагом. Обычно в организации насчитывается 5–15 грейдов. Далее каждой должности присваивается свой грейд.

5. Определяем интервал межквалификационных соотношений. Так, устанавливается минимальный и максимальный коэффициенты для каждого грейда. Эти коэффициенты показывают, во сколько раз в определенном грейде уровень заработной платы больше базовой зарплаты, установленной в организации. Данные коэффициенты каждая организация устанавливает самостоятельно.

6. Рассчитываем размер базовой величины и диапазоны окладов. Базовая величина устанавливается в зависимости от финансового состояния организации. Диапазоны окладов рассчитываются на основе базовой величины и установленных минимального и максимального коэффициентов для каждого грейда.

Таким образом, именно диапазон окладов выполняет основную стимулирующую функцию. Так, при максимально результативном и качественном труде работник сможет получить максимальную заработную плату, возможную в присвоенном грейде [2].

Так, у многих специалистов может сложиться впечатление, что грейдовая система оплаты труда – это аналог тарифной системы, так как обе системы основаны на иерархическом принципе построения должностей. Однако в этих системах оплаты труда есть существенные различия. Рассмотрим отличия между тарифной системой оплаты труда и системой оплаты труда, основанной на грейдах по таблице.

Отличия между тарифной системой оплаты труда и системой оплаты труда, основанной на грейдах

Тарифная система	Система грейдов
1. Построены на основе оценки навыков, знаний и стажа работы	Предусматривают оценку большего количества критериев, зачастую включающие оценку: <ul style="list-style-type: none"> – навыков; – знаний; – управления; – уровня ответственности; – сложности выполняемой работы; – уровня самостоятельности; – уровня квалификации; – опыта работы; – других критериев
2. Должности ранжируются по нарастающему принципу	2. Грейдовая система допускает, что благодаря своему профессионализму работник может иметь более высокий должностной оклад, чем работник, находящийся в следующем, более высоком грейде
3. Все должности выстраиваются по строгой вертикали: от рабочего до управленца	3. Все должности выстраиваются по единственному признаку: по важности должности для организации

Окончание

Тарифная система	Система грейдов
4. Структура тарифной сетки основана на минимальной зарплате, умноженной на коэффициенты (межразрядные, межотраслевые, междолжностные и межквалификационные)	4. Все должности выстраиваются только по принципу важности для организации

Примечание. Разработано автором на основе [3].

Так, по таблице видно, что система оплаты труда на основе грейдов учитывает значительно больше критериев, что позволяет максимально точно дифференцировать размер заработной платы работников. Благодаря этому наиболее эффективно распределяется фонд заработной платы организации.

Также система оплаты труда, основанная на грейдах, является стимулирующей системой. Данная система дает возможность любому работнику за счет своих навыков и знаний получать большую заработную плату, чем работник той же должности, но не имеющий такого профессионализма. Иногда работник также может иметь более высокий должностной оклад, чем у работника, должность которого находится выше по вертикали. Таким образом, получается, что работник может строить карьеру не только вертикально, но и горизонтально, т. е. своего грейда.

Основными преимуществами системы оплаты труда на основе грейдов является:

- понятна для всех работников. Очевиден уровень заработной платы от сложности труда и личного результата каждого работника;
- дифференциация размера заработной платы позволяет исключить необоснованную переплату или недоплату некоторым работникам;
- выполняет стимулирующую функцию. Грейдовая система оплаты труда нацелена на производительный труд, поскольку чем выше напряженность труда и его результативность, тем выше размер заработной платы [2];
- повышает эффективность использования фонда заработной платы на 10–30 % и позволяет эффективно управлять им;
- позволяет выявить и устранить существенную неэффективность работы персонала, так как выявляет дублирование функций, неумелое руководство линейных менеджеров своими подчиненными;
- оптимизирует расстановку трудовых ресурсов;
- позволяет регулировать и соотносить среднюю заработную плату всех должностей в своей организации со средними заработными платами на рынке труда;
- позволяет строить карьеру работникам как внутри своего грейда, т. е. горизонтально, так и вертикально, что является хорошим стимулом для персонала организации [3].

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что система оплаты труда, основанная на грейдах, является стимулирующей системой. Данная система позволяет двум работникам одинаковой должности получать различный уровень заработной платы в зависимости от профессионализма и индивидуальных результатов труда. Так, работник может строить карьеру внутри своей группы, внутри своего грейда, а не только по вертикальной иерархии. Отсюда следует, что наиболее целесообразно внедрять грейдовую систему оплаты труда на средних и крупных предприятиях. Это позволит не только мотивировать работников к напряженному, но и качественному труду, но и существенно снизить издержки, связанные с

неэффективным использованием фонда заработной платы, в том числе с необоснованным начислением премий и различных надбавок работникам.

Литература

1. Истомина, Н. Н. Грейдирование как инновационная система оплаты труда муниципальных служащих / Н. Н. Истомина // Молодой ученый. – 2009. – № 10. – С. 138–140.
2. Гараева, А. Внедряем систему оплаты труда на основе грейдов / Электронный журнал «Главный бухгалтер. Зарплата». – Режим доступа: <https://www.gbzp.by>. – Дата доступа: 04.04.2018 г.
3. Слипачук, С. Система грейдов: методика определения должностных окладов / HR-Portal Сообщество HR-менеджеров : Режим доступа: <http://hr-portal.ru/>. – Дата доступа: 04.04.2018 г.

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ УПРАВЛЕНИЯ СБЫТОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ

В. С. Гребенькова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Е. В. Трейтьякова

Для каждого предприятия важно правильно организовать свою сбытовую сеть: товар должен быть поставлен в нужное время и в нужном количестве и с минимальными издержками. Поэтому любое предприятие стремится усовершенствовать существующую сеть товародвижения, используя новые формы и методы, с помощью различных посреднических организаций [1, с. 17].

Наибольшего интереса в качестве базы исследования на современном этапе развития мировой экономики заслуживают логистические модели стран – лидеров рейтинга LPI [3, с. 14]. Индекс LPI (Logistics Performance Index) является на сегодняшний день наиболее объективным показателем, определяющим уровень развития транспортно-логистического комплекса страны на основе оценки развития национальной таможни, инфраструктуры, системы международных перевозок, системы нормативно-правового регулирования логистической деятельности, транспортировки, бесперебойности и своевременности оказания логистических услуг. Максимально возможная оценка по каждому из указанных элементов составляет 5 баллов. Средняя оценка по комплексу параметров в последующем ранжируется между странами, и рейтинг публикуется на официальном сайте Всемирного Банка (табл. 1).

Таблица 1

Рейтинг LPI

Страна	Рейтинг LPI
Германия	4,12
Нидерланды	4,05
Великобритания	4,01
Сингапур	4,00
Швеция	3,96
Норвегия	3,96
Люксембург	3,95

Окончание табл. 1

Страна	Рейтинг LPI
США	3,92
Япония	3,91
Россия	2,69

Мировым лидером по оценке общего уровня развития логистики является Германия, со значением индекса 4,12 баллов. Второе место в рейтинге LPI занимают Нидерланды, со значением индекса 4,05 баллов. На третьем месте – Бельгия, ее LPI составляет 4,04 балла. Далее следуют Великобритания (4,01), Сингапур (4,00), Швеция (3,96), Норвегия (3,96).

Посредники являются связующим звеном между производителями и потребителями товаров. Ситуация на рынке требует серьезного подхода к выбору посреднических фирм. Посредники должны обладать необходимыми навыками, хорошо подготовленным персоналом, современной материально-технической базой, финансовыми возможностями и др. Согласно статистическим данным, через посреднические фирмы осуществляется более 50 % объема международной торговли. Удельный вес торговли через посредников в разных странах представлен в табл. 2.

Таблица 2

Удельный вес торговли через посредников в разных странах

Страна	Торгово-посреднические дома	Доля посредников
1	2	3
Япония	8000	67,9/66,4
Великобритания	800	41,5
США	200	23,0

Исходя из приведенных данных можно сказать, что наибольшее распространение торговля через посредников приобрела в Японии, где существует около 8 тыс. торгово-посреднических компаний, на долю которых приходится 67,9 % импортных и 66,4 % экспортных операций в стране. В Великобритании и США количество торговых домов гораздо меньше, поэтому и процент доли посредников не превышает 50 %.

В последнее время наблюдается тенденция к относительному ослаблению роли посреднического звена в движении товара от производителя к потребителю. Это объясняется несколькими причинами.

Во-первых, усилилась монополизация экономики, и крупнейшие корпорации, особенно транснациональные (ТНК), стремятся сосредоточить в своих руках все стадии продвижения товара и, следовательно, получить всю прибыль, в том числе и торговую (для этого ТНК создают собственные торговые сети). Во-вторых, изменяется характер международного разделения труда, на базе которого развивается международная торговля. Растет удельный вес торговли машинами и оборудованием, идет развитие международной промышленной кооперации и специализации. Эти факторы требуют усиления прямых связей между производителем и потребителем. И все же роль посредничества в распределении товарной продукции остается достаточно высокой.

Сбытовая деятельность имеет свои особенности в каждой стране. В области сбыта для Италии характерно использование различных каналов сбыта с участием специализированных служб и агентов по сбыту. Для организации товародвижения промышленного оборудования, сырьевых товаров и полуфабрикатов фирмам других стран рекомендуется пользоваться услугами брокеров, оптовых торговцев и независимых агентов. Помимо прогрессивных способов сбыта в Италии существуют и определенные сложившиеся традиции в данной сфере деятельности. Так, наиболее выгодной формой сбыта продукции для зарубежного поставщика в Италии является заключение соглашения со сбытовой итальянской фирмой, предусматривающего сбыт товаров от имени последней. В этом случае итальянская сторона принимает на себя определенные обязательства по продаже, выражающиеся в частном распределении риска между компанией-экспортером и сбытовой фирмой. Выгодность такой торговли состоит в значительном сокращении разнообразных налогов и финансовых сборов.

На сегодняшний день в Германии достаточно широкое распространение получает способ товародвижения, ориентированный на индивидуальных потребителей. Изначально массовый сбыт в Германии под влиянием дифференцированного спроса уступил место сегментированному сбыту. Данный способ является более рациональным, так как разделяет группы потребителей по определенным признакам, предусматривает их предпочтения.

Стремительное развитие логистической деятельности в США и Германии пришлось на 1950–1960 гг. Уже в 1970-х гг. на рынках транспортных услуг этих стран стали появляться специализированные почтовые компании. В этот же период в России была разработана логистическая технология, которая в значительной степени повлияла на дальнейшее развитие логистики в странах Европы. В 1980-х гг. начинали свою деятельность компании, предоставляющие логистические услуги в США, что значительно повлияло на экономическое развитие и логистические процессы страны.

Немаловажное влияние на формирование товародвижения в разных странах оказал финансово-экономический кризис 2009–2010 гг. Например, достаточно устойчивые рынки в США и Германии смогли быстро справиться с последствиями кризиса и восстановить прежний уровень организации товародвижения. Рынки Украины и России находятся на этапе стабилизации [4, с. 9].

Стремительно развивающийся современный мир требует новых форм управления сбытом. Можно сказать, что Интернет – один из новейших каналов распределения. Интернет имеет свои особенности. В первую очередь мировая сеть приводит к дезинтермедиации, т. е. сокращению или полному отсутствию посредников, что позволяет продавцам и покупателям напрямую вступать в контакт. Но данный рынок сбыта предполагает появление новых видов посредников (рис. 1). [2, с. 112].

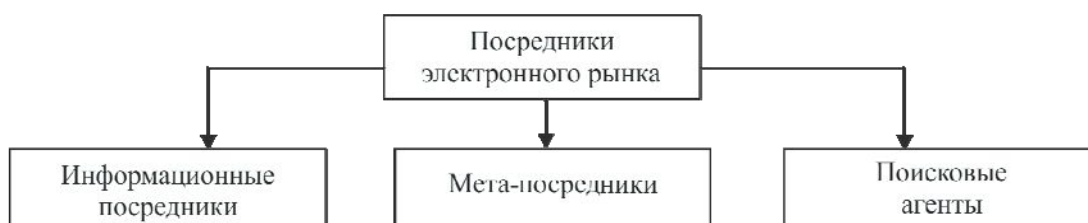


Рис. 1. Посредники электронного рынка

Информационные посредники (infomediaries) – организации, которые занимаются сбором, обобщением, систематизацией и распространением информации в Интернете. Мета-посредники (metamediaries) – агенты, которые представляют интересы заинтересованных производителей и продавцов. Поисковые агенты – организации, представляющие как продавца, так и покупателя, занимаются поиском необходимой информации на просторах Сети.

Следовательно, сеть Интернет – новая прогрессивная форма организации товародвижения, благодаря которой можно существенно повысить уровень организации сбытовой сети и уровень конкурентоспособности предприятия в целом.

Исходя из проведенного анализа, можно сказать, что сбытовая деятельность имеет ряд особенностей в каждой стране. В последние годы в странах с рыночной экономикой развитие логистики характеризуется передачей функций контроля над распределением готовой продукции от производственных фирм к специализированным фирмам, т. е. внешним агентам. Становление логистики сбыта происходит неодинаково, но все предприятия стремятся улучшить уровень организации товародвижения различными способами и методами.

Л и т е р а т у р а

1. Алексеенко, Н. А. Экономика предприятия : учеб. пособие для студентов экон. специальностей высш. учеб. заведений / Н. А. Алексеенко, И. Н. Гурова // под общ. ред. Н. А. Алексеенко. – Минск : ГИУСТ БГУ, 2015. – 168 с.
2. Багиев, Г. Л. Маркетинг в Интернете : учебник / Г. Л. Багиев, В. М. Тарасевич, Х. Анн. – М. : Экономика, 2014. – 287.
3. Гришаева, О. Ю. Логистическая координация материальных потоков в условиях промышленно-торговой интеграции / О. Ю. Гришаева, В. А. Шумаев // Вестн. Ассоциации ВУЗов туризма и сервиса. – 2014. – № 2. – С. 14–22.
4. Кашченко, С. А. Маркетинговые резервы совершенствования процессов реализации продукции машиностроительного предприятия : автореф. дис. ... канд. экон. наук / С. А. Кашченко. – Волгоград, 2012. – 20 с.

АНАЛИЗ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОДУКЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

А. О. Жевнова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Н. П. Драгун

Безусловно, одной из важнейших задач как развития предприятий, так и страны в целом является достижение конкурентоспособности продукции предприятий на мировом рынке. Конкурентоспособность предприятия в целом является, по сути, его способностью выдерживать конкуренцию со стороны других предприятий того же направления или отрасли. Что касается конкурентоспособности продукции предприятия, она представляет собой комплекс характеристик товара, как потребительских, так и стоимостных, которые определяют его предпочтительность для потребителей по сравнению с отечественными и зарубежными аналогами. Конкурентоспособность продукции крайне важна, но отнюдь не гарантирует высокий уровень конкурентоспособности предприятия.

В качестве объекта анализа конкурентоспособности продукции среди промышленных предприятий Республики Беларусь был выбран ОАО «Гомсельмаш», являющийся крупнейшим среди отечественных производителей кормоуборочной и

зерноуборочной техники, а также одним из лидеров мирового рынка комбайнов и других сложных сельхозмашин.

Главной целью деятельности предприятия является завоевание доли рынка сельскохозяйственной техники Беларуси, России, ближнего и дальнего зарубежья, которая бы обеспечила выполнение прогнозных финансовых показателей и получение прибыли от своей деятельности.

ОАО «Гомсельмаш» вынуждено конкурировать на рынке стран СНГ с российскими и западными производителями сельскохозяйственных машин. Основными конкурентами здесь являются: ОАО «Ростсельмаш», ОАО «Красноярский завод комбайнов» (Россия), западные фирмы «Claas», «Landtechnik», «Mengele».

Зерноуборочная и самоходная кормоуборочная техника ОАО «Гомсельмаш» имеет преимущества только в ценовой категории, так как по остальным параметрам она схожа с конкурентами или уступает им.

Доля ОАО «Гомсельмаш» на внутреннем рынке составляет 98,4 % от общего количества закупленных зерноуборочных комбайнов, что говорит о высокой конкурентоспособности продукции предприятия на внутреннем рынке. За последние годы доля закупки самоходной кормоуборочной техники производства ОАО «Гомсельмаш» составляла около 85–90 %, что свидетельствует о конкурентоспособности также и кормоуборочной техники предприятия.

Стратегическими направлениями деятельности предприятия являются повышение конкурентоспособности продукции и увеличение объемов поставок.

По результатам проведенного анализа документации ОАО «Гомсельмаш» были выявлены следующие проблемы предприятия, касающиеся аспекта конкурентоспособности продукции: ценовая политика предприятия нуждается в усовершенствовании; предприятие нуждается в существенном сокращении количества бракованной продукции; ОАО «Гомсельмаш» не может конкурировать с другими производителями по потребительским свойствам (а именно бренд), соответственно, целесообразно искать возможность для снижения цен.

Исходя из анализа вышеперечисленных проблем, предлагается принять во внимание рекомендации, с которых следует начать решение проблем конкурентоспособности продукции белорусских предприятий на примере ОАО «Гомсельмаш».

1. Для решения первой из выявленных и указанных ранее проблем необходимо совершенствовать ценовую политику, для этого предлагается предоставить потребителям такую услугу, как лизинг. В данном случае этапы лизинговой операции выглядят следующим образом. ОАО «Гомсельмаш» осуществляет продажу товара не покупателю, а ОАО «Промагролизинг». Тот, в свою очередь, передает товар покупателю на условиях лизингового договора. Покупатель-лизингополучатель осуществляет ежемесячные лизинговые платежи ОАО «Промагролизинг», являющемуся лизингодателем, в течение определенного договором срока, по окончании которого товар, выступающий предметом лизинга, передается в собственность лизингополучателю по незначительной остаточной стоимости.

Так как на ОАО «Гомсельмаш» уже есть такая услуга, как лизинг, но она не пользуется популярностью, то можно сделать вывод о том, что данная услуга плохо прорекламирована. Таким образом, предлагается провести рекламную кампанию в СМИ и Интернете с целью активизации такой услуги, как лизинг техники и оборудования ОАО «Гомсельмаш». Затраты на рекламную кампанию с целью активации услуги лизинга представлены в табл. 1.

Таблица 1

Затраты ОАО «Гомсельмаш» на рекламную кампанию с целью активации услуги лизинга

Вид рекламы	Затраты, р.
Реклама в специализированных газетах и журналах	2 300
Реклама на радио	900
Реклама в сети Интернет	1 500
Итого	4 700

В табл. 2 представлена сравнительная характеристика результатов.

Таблица 2

Сравнительная характеристика результатов

Показатель	До	После	Изменение
Объем товарной продукции, тыс. р.	261 765,00	274 853,15	13 088,15
Прибыль, тыс. р.	21 054,0	21 814,6	760,6

Таким образом, мы видим, что данное мероприятие является эффективным и увеличит прибыль предприятия на 760,6 тыс. р., что в свою очередь приведет к росту конкурентоспособности продукции. Также на многоугольнике конкурентоспособности ОАО «Гомсельмаш» после активизации лизинговой деятельности отмечено повышение конкурентоспособности по цене.

2. Для решения второй из проблем предлагается сократить брак и улучшить качество продукции путем замены оборудования по нарезке металла, а именно заменить имеющийся на предприятии морально и физически устаревший комплекс лазерно-плазменной резки 3016 на комплекс плазменной резки КПП-02, предназначенный для фигурного и линейного раскроя листового металлопроката из коррозионностойких, черных и цветных металлов с высокой производительностью и гарантированным качеством реза. Цена комплекса плазменной резки КПП-02 составляет 90 тыс. р. Данный комплекс планируется приобрести в лизинг в «АСБ Лизинг» на три года, исходя из условий лизинга, стоимость оборудования за три года составит 129 тыс. р., следовательно, в год стоимость оборудования предприятию обойдется в 43 тыс. р. Срок окупаемости составит 0,06 года. Прибыль за год составит 765,3 тыс. р.

Затраты на приобретение оборудования и срок окупаемости представлены в табл. 3.

Таблица 3

Затраты на приобретение оборудования и срок окупаемости

Показатели	Значение
Цена оборудования, тыс. р.	90
Стоимость приобретения в лизинг, тыс. р.	129
Срок лизинга, лет	3

Окончание табл. 3

Показатели	Значение
Затраты на оборудование в год, тыс. р.	129/3 = 43
Прибыль в год благодаря замене оборудования, тыс. р.	765,3
Срок окупаемости, лет	0,06

Повышение качества выпускаемой продукции, сокращение брака и, как следствие, привлечение новых клиентов и повышение спроса со стороны имеющих покупателей путем замены оборудования позволит получить экономический эффект для ОАО «Гомсельмаш» за год в размере 1 544,7 тыс. р.

В табл. 4 представлена сравнительная характеристика результатов.

Таблица 4

Сравнительная характеристика результатов

Показатель	До	После	Изменение
Прибыль, тыс. р.	21 054,0	21 776,3	722,3
Материальные затраты, тыс. р.	164 483,0	163 660,6	-822,4

Также на многоугольнике конкурентоспособности ОАО «Гомсельмаш» после введения в эксплуатацию новой единицы оборудования отмечено повышение конкурентоспособности по продукту.

3. Для решения последней из выявленных ранее проблем предлагается выявлять ценовые преимущества конкурентов и производить их компенсацию при помощи скидок. Предлагается предоставлять скидку при условии приобретения продукции и услуг на сумму от 150 тыс. р. Предполагается, что предоставление скидки в размере 5 % при приобретении продукции и услуг на сумму от 150 тыс. р. является целесообразным и принесет предприятию минимальную дополнительную прибыль в размере 125,0 тыс. р. Также, предоставив скидку в 5 %, ОАО «Гомсельмаш» имеет возможность привлечь новых заказчиков и наладить более крупные партии поставок продукции и услуг уже существующим заказчикам. Также благодаря выявлению ценовых преимуществ конкурентов будет произведена их компенсация при помощи скидок, что повысит конкурентоспособность продукции.

В табл. 5 представлена сравнительная характеристика результатов.

Таблица 5

Сравнительная характеристика результатов

Показатель	До	После	Изменение
Выручка, тыс. р.	339 302,0	339 414,5	112,5
Прибыль, тыс. р.	21 054,0	21 179	125,0

Также на многоугольнике конкурентоспособности ОАО «Гомсельмаш» после выявления ценовых преимуществ конкурентов и их компенсации при помощи скидок отмечено повышение конкурентоспособности по цене.

Таким образом, по результатам проведения вышеперечисленных мероприятий, будет получен суммарный экономический эффект в размере не менее 2 430,3 тыс. р., а также отмечено существенное повышение конкурентоспособности продукции по цене и продукту. Можно сделать вывод, что применение подобных мероприятий целесообразно для ОАО «Гомсельмаш» как для одного из крупнейших отечественных промышленных производителей. Данный подход можно применять и на других промышленных предприятиях Республики Беларусь, но при составлении комплекса мероприятий следует принимать во внимание особенности каждого из них.

Литература

1. Комплекс плазменной резки КПР-02. – 2014. – Режим доступа: <http://ictt.by/cat-nasb/2014/data/08055r>. – Дата доступа: 02.04.2018.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ УСТОЙЧИВОГО СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Д. А. Исупова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Ю. В. Савченко

Сейчас, к сожалению, все чаще забывается тот факт, что для обеспечения нормальных условий проживания и деятельности настоящего и будущих поколений нужен не только технологический прорыв, но и забота об окружающей нас природной среде. Каждый гражданин должен стать сознательным и активным участником процесса сбережения, умножения и рационального использования природных ресурсов. Экологическая сфера все чаще рассматривается не только как окружающая нас природная среда, но и как природоохранный труд, связанный с ее воспроизводством.

Основной целью работы является конкретизация структуры расходов, направленных на охрану окружающей среды, а также определение социального эффекта, являющегося результатом экологической политики Республики Беларусь.

На природоохранные мероприятия в Беларуси с каждым годом расходуется все большее количество денежных средств (2010 г. – 2 007,8 млрд р., 2011 – 3 467,3 млрд р., 2012 – 6 117,1 млрд р., 2013 – 7 077,2 млрд р., 2014 – 7 559,7 млрд р., 2015 – 9 178,7 млрд р., 2016 – 10 394,1 млрд р.). В 2016 г. основная часть расходов на охрану окружающей среды в нашей стране пошла на охрану атмосферного воздуха и сохранение озонового слоя и климата – 98,7 %. Также на охрану окружающей среды от загрязнения отходами производства предназначалось 98,3 % объема инвестиций, на охрану и рациональное использование водных ресурсов – 95,9 %. Загрязненность атмосферного воздуха обусловлена особенностью географического положения Беларуси. У нас преобладают западные потоки воздушных масс, в результате чего Беларусь является одной из наиболее загрязняемых стран Европы за счет трансграничного переноса: ежегодно на ее территории осаждаются 180–190 тыс. т серы, 60–70 тыс. т окисленного азота, 150–170 тыс. т восстановленного азота, более 400 т свинца, около 5 т ртути. Ранее в странах с развитой экономикой отмечалось прямо противоположное соотношение капитальных затрат на охрану водной среды и воздушного бассейна, которое было связано с выбором между использованием или прогрессивных замкнутых оборотных систем водоснабжения, или значительных дорогостоящих затрат на

установку пылегазоулавливающих установок. В нашей стране с 1990 г. наблюдается тенденция к сближению удельного веса вложений в основной капитал, направленных на охрану как воздушного бассейна, так и водных ресурсов [1, с. 122].

Так, в 2010–2016 гг. можно также заметить тенденцию к увеличению величины инвестиций в основной капитал, направленных на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. В 2016 г. около 148,6 % (в процентах к предыдущему году) объема инвестиций предназначалось на охрану атмосферного воздуха, 90,2 % – на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, 72,4 % – на охрану и рациональное использование земель [2, с. 44–47].

На протяжении уже шести лет (с 2010 по 2016 г.) Гомельская область занимает лидирующую позицию по величине текущих затрат на охрану окружающей среды (в 2010 г. – 401,3 млрд р., а в 2016 г. – 1 894 млрд р.). Это связано с очень близким расположением от границ области Чернобыльской АЭС, что и предопределило крайне высокое загрязнение южных регионов Беларуси радиоактивными элементами выброса из аварийного ядерного реактора. В 2017 г. площадь сельскохозяйственных земель, загрязненных цезием-137, находящихся в пользовании сельскохозяйственных организаций в Гомельской области – 533,3 тыс. га, или 40,3 в % к общей площади сельскохозяйственных земель (в сравнении – в Гродненской области – 18,3 тыс. га, а в Витебской области – 0,2 тыс. га). Положительный аспект заключается в постепенном снижении площади загрязненных территорий: с 2010 г. снижение на 42,2 тыс. га. Вследствие этого величина инвестиций, направленных на преодоление последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, снизилась по сравнению с 2010 г. на 93,6 млрд р. (2010 г. – 126,7 млрд р., 2016 г. – 33,1 млрд р.) [3, с. 218–219].

Результатом сложных взаимодействий внешних факторов окружающей среды и внутренних биосистем организма является сохранение здоровья или возникновение болезни. Урбанизированная или городская среда – это искусственный мир, созданный человеком, не имеющий аналогов в природе и способный существовать только при постоянном обновлении. С медико-биологических позиций наибольшее влияние экологические факторы городской среды оказывают на следующие тенденции: процесс акселерации, нарушение биоритмов, аллергизация населения, рост онкологической заболеваемости и смертности, рост доли лиц с избыточным весом, отставание физиологического возраста от календарного, «омоложение» многих форм патологии и др. Демографические показатели являются важнейшей характеристикой населения, так как они отражают влияние социально-экономических процессов на здоровье человека. Данные процессы значительно зависят от уровня здравоохранения и состояния окружающей среды.

Несмотря на то что правительство оказывает большое внимание мероприятиям по охране окружающей среды, в Беларуси с 1999 г. наблюдается естественная убыль населения (1999 г. – 49 052 человека, 2010 – 29 082 человека, 2015 – 998 человек, 2016 – 1 600 человек).

Численность населения Беларуси на 1 января 2017 г. составила 9 млн 504,7 тыс. человек и по сравнению с 1 января 2016 г. увеличилась на 6,3 тыс. Ожидаемая продолжительность жизни при рождении в 2016 г. по сравнению с 2010 г. увеличилась на 3,7 года (2010 г. – 70,4 года, 2016 – 74,1 года). В 2016 г. численность городского населения составила 7 млн 400,8 тыс. человек, а сельского – 2 млн 103,9 тыс. При этом продолжительность жизни в городе: у мужчин – 66,5 лет, у женщин – 77,3 года. Продолжительность жизни в сельской местности: у мужчин – 60,3 лет, у женщин – 73,9 года. Причинами дисбаланса в половозрастной структуре населения специалисты называют более высокий темп роста смертности мужчин, особенно в трудоспо-

собном возрасте, а также преобладание женщин в сальдо миграции между городом и деревней.

В 2016 г. в целом по Беларуси число родившихся составило 117 779 человек, что на 149 человек меньше, чем в 2015 г. Относительно заболеваемости, то на протяжении последних шести лет (2010–2016) увеличивается количество пациентов с новообразованиями (с 108 тыс. до 119 тыс. человек), болезнью эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ (с 70 тыс. до 91 тыс. человек), с болезнью кровообращения (с 277 тыс. до 269 тыс. человек). Также стоит отметить, что в 2016 г. количество случаев врожденных аномалий (пороков развития), деформаций и хромосомных нарушений увеличилось с 17 380 в 2015 г. до 20 510 в 2016 г. Самая высокая доля выявления врожденных пороков в Минске – 493,1 случая на 100 тыс. населения (в 2015 г. – 389,4), Гомельской области – 256,4 (221,2). Самый низкий в стране показатель в Гродненской области – 67 случаев (59,3) [2, с. 181–182].

В 2016 г. в целом по Беларуси число умерших превысило число родившихся на 647 человек, из них смертность детей в возрасте до 1 года – 373, что на 0,9 % меньше, чем в 2015 г. В 2016 г. главные причины смерти – болезнь системы кровообращения (65 941 человек) и новообразования (17 926 человек) [3, с. 74]. Появления болезней системы кровообращения и новообразований обусловлены загрязнением атмосферного воздуха окислами серы, окисью углерода, окислами азота, фенолом и др.; составом питьевой воды (нитраты, хлориды, нитриты, жесткость воды); биогеохимическими особенностями местности (недостаток или избыток кальция, магния, ванадия, кадмия, меди, стронция, железа во внешней среде); загрязнениями окружающей среды пестицидами и ядохимикатами. Младенческая смертность в 2016 г. обусловлена следующими причинами: отдельных состояний, возникающих в перинатальном периоде (178 человек), врожденных аномалий (пороков развития), деформаций и хромосомных нарушений (89 человек), болезни нервной системы и органов чувств (22 человека) [3, с. 80]. Возникновение врожденных пороков развития может быть связано с генетической предрасположенностью, т. е. наличием генетических дефектов в половых клетках родителей, а также воздействием факторов внешней среды в период внутриутробного развития. К ним относится и радиационный фактор чернобыльского происхождения. Рождение на свет большого количества недоношенных детей, а значит, физически незрелых связано с нарушениями в генетическом аппарате и с ростом адаптируемости к изменениям среды [4, с. 266].

В заключение следует отметить, что проблемы охраны окружающей среды в наше время всегда будут актуальны. В нашей стране одним из механизмов ее реализации является Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 г. (НСУР). Сохранение благоприятной окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов для удовлетворения потребностей ныне живущих и будущих поколений является высшим приоритетом НСУР. Ее реализация осуществляется на основе гармонизации социального, экономического и экологического развития как равноценных взаимодополняющих составляющих в едином сбалансированном комплексе «человек – окружающая среда – экономика» [1, с. 6–8].

Оценивая сегодняшнюю экологическую ситуацию в стране, можно сделать вывод о значительном улучшении показателей качества окружающей среды. За 2010–2016 гг. наблюдается снижение величины показателя «Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных и мобильных источников по отдельным ингредиентам».

там» (оксиды серы: 2010 г. – 54,3 тыс. т, 2016 – 50,5 тыс. т; оксиды азота: 2010 – 157 тыс. т, 2016 – 149,4 тыс. т). Величина общей площади нарушенных, неиспользуемых и иных земель уменьшилась почти в два раза (с 944,6 тыс. га в 1992 г. до 497,4 тыс. га в 2016) [5, с. 8–10]. Таким образом, замечен положительный эффект от экологической политики, проводимой Беларусью в последние годы, а следовательно, наша страна направлена на такое социально-экономического развитие, которое не разрушает природную среду, а активно взаимодействует с нею.

Литература

1. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 г. / Нац. комис. по устойчивому развитию Респ. Беларусь ; редкол.: Л. М. Александрович [и др.]. – Минск : Юнипак, 2004. – 202 с.
2. Статистический ежегодник / И. В. Медведева [и др.] ; под общ. ред. И. В. Медведевой // Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск, 2017. – 506 с.
3. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь : стат. сб. / И. В. Медведева [и др.] ; под общ. ред. И. В. Медведевой // Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск, 2017. – 235 с.
4. Реймерс, Н. Д. Экология (теории, законы, правила принципы и гипотезы / Н. Ф. Реймерс // Россия Молодая. – М., 1994. – С. 266–267.
5. Актуальные проблемы геоэкологии и ландшафтоведения : сб. науч. ст. Вып. 3 / редкол.: А. Н. Витченко (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2016. – 111 с.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ: ОЦЕНКА И НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ОАО «СВЕТЛОГОРСКИХИМВОЛОКНО»)

О. В. Корниенко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Н. П. Драгун

Анализ ситуации, сложившейся в настоящее время в национальной экономике Беларуси, позволяет утверждать, что сегодня страна столкнулась с необходимостью проведения структурных реформ. Основной целью развития промышленного производства Республики Беларусь на период до 2020 г. является формирование конкурентоспособного инновационного промышленного комплекса, ориентированного на создание высокопроизводительных рабочих мест и рост производительности труда по добавленной стоимости не ниже 50 % от европейского уровня, увеличение выпуска соответствующей мировым стандартам продукции и наращивание экспортного потенциала [2]. В Приоритетных направлениях развития промышленного комплекса страны на период до 2020 г. установлено, что к 2015 г. производительность труда, рассчитанная по добавленной стоимости в постоянных ценах, должна возрасти на 166–172 % к 2010 г. [1]. Эти структурные реформы необходимы для того, чтобы повысить конкурентоспособность и производительность труда. Рост производительности труда влечет за собой более эффективное использование человеческих ресурсов; снижение удельных затрат; повышение конкурентоспособности; рост прибыльности и т. д. Таким образом, тема работы является актуальной, имеет научную и практическую значимость.

Целью работы является разработка путей повышения производительности труда на ОАО «СветлогорскХимволокно» за счет различных факторов. Цель работы обуславливает постановку и решение следующих задач: изучение теоретических ос-

нов управления производительностью труда; анализ и разработка направления совершенствования производительности труда.

Объектом исследования является производительность труда на ОАО «СветлогорскХимволокно». В ОАО «СветлогорскХимволокно» организацией трудового процесса и мониторингом его эффективности занимается отдел по организации труда и заработной платы. Так, например, увеличение добавленной стоимости привело к повышению показателя производительности по добавленной стоимости на 6,14 тыс. р./чел.

Анализ экономии (перерасхода) по фонду заработной платы работников представлен в табл. 1. Данный анализ выявил превышение темпа роста производительности труда над темпом роста среднемесячной заработной платы работников, что свидетельствует о наличии негативной динамики снижения эффективности использования средств материального стимулирования производительности труда.

Таблица 1

**Анализ экономии (перерасхода) по фонду заработной платы работников
ОАО «СветлогорскХимволокно» за 2013–2015 гг.**

Показатель	Год			Абсолютное отклонение (+, –)	Темп роста, %
	2013	2014	2015		
Фонд заработной платы, тыс. р.	19 400	24 743	28 706	9306	147,97
Среднемесячная заработная плата, тыс. р.	3,77	4,93	5,77	2,00	153,05
Производительность труда, тыс. р./ человек	8,51	16,21	16,17	7,66	189,96
Экономия (перерасход) средств на оплату труда работников	–	–	3 702	–	–

Примечание. Разработано автором на основе отчетности предприятия.

В результате анализа были выявлены следующие проблемы:

- превышение плановых показателей использования дней работы над фактическими – коэффициент использования числа дней работы выявил наличие целодневных простоев;
- превышение темпа роста производительности труда над темпом роста среднемесячной заработной платы;
- необходимость постоянной работы по повышению квалификации своих сотрудников;
- необходимо повышение эффективности экономического стимулирования персонала.

Для выявленных проблем можно предложить следующие мероприятия по совершенствованию:

1. *Повышение производительности труда операторов цехов основного производства в результате трансформации системы оплаты труда путем сокращения тарифной части заработной платы и увеличения премиальной*

В рамках стимулирования труда производится пересмотр системы формирования должностного оклада операторов цехов основного производства с целью сокращения постоянной части заработной платы и увеличения премиальной.

Рабочим основного производства при заключении контракта устанавливается повышение тарифного оклада на 20 %. Данные выплаты носят постоянный характер и не влияют на производительность труда работника. Если устранить данную выплату, появится возможность перевести освободившуюся часть денежных средств в состав премиальных выплат.

В случае отсутствия прироста объема производства (в 2015–2016 гг. объем производства сократился на 1,09 %) фонд заработной платы рабочих сократится на данную сумму, что приведет к сокращению разницы между темпом роста производительности труда и темпом роста среднемесячной заработной платы.

Таблица 2

Расчет экономии средств на оплату труда работников

Показатель	До мероприятия, годы		После мероприятия	Темп роста, %	
	2014	2015		До мероприятия	После мероприятия
Фонд заработной платы, тыс. р.	24743	28706	28660	116,02	115,83
Среднемесячная заработная плата, тыс. р.	4,93	5,77	5,75	117,04	116,63
Производительность труда в целом по организации, тыс. р./ человек	16,21	16,17	16,17	99,75	99,75
Коэффициент соотношения темпа роста средней заработной платы и производительности труда	–	1,17	1,16	–	–

Примечание. Разработано автором на основе отчетности предприятия.

2. Развитие кадрового потенциала предприятия путем трансформации системы формирования тарифного оклада руководителей низшего и среднего звена в зависимости от образования, стажа работы и уровня квалификации

В основе традиционной системы заработной платы лежит личная тарифная ставка, которая зависит от образования, непрерывного трудового стажа и квалификации. Все принимаемые в расчет характеристики отдельных работников сводятся в тарифные сетки.

Японская практика выработала принципиально новый тип тарификации. В основу систем заработной платы закладывается трудовая тарифная ставка. Большая часть руководящих работников предприятия имеет высшее образование, что ведет к повышению тарифной части фонда оплаты труда на 32,2 тыс. р.

Приняв среднее значение тарифного разряда руководителей на уровне 18 разряда, следовательно, тарифная часть оплаты труда составит: $493 \times 40 \times 4,26 = 84$ тыс. р.

В рамках предложенной системы в условиях высокого уровня профмастерства тарифная часть фонда оплаты труда руководителей составляет $46,2 + 36,45 + 493 \times 40 \times 1,9 = 37,55$ тыс. р., что на 54 % меньше существующей в связи с отсутствием роста производительности труда в 2015–2016 гг. В табл. 3 представлен расчет экономического эффекта от данного мероприятия.

Таблица 3

Расчет экономического эффекта мероприятия в рамках определения тарифной части оплаты труда руководителя, имеющего максимальный уровень квалификации

Показатель	До мероприятия	После мероприятия
1 Численность руководителей, человек	493	493
2 Тарифная ставка первого разряда, р.	40	40
3 Тарифная часть оплаты труда руководителей, тыс. р.	84	37,55
Экономический эффект, тыс. р.	–	46,45

Примечание. Разработано автором на основе отчетности предприятия.

3. Повышение качества работы руководителей и специалистов в результате повышения уровня их квалификации

Обучение планируется проводить в Институте повышения квалификации и переподготовки кадров (ИПКиПК), который является структурным подразделением Учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины». Регулярное обучение за счет предприятия показывает сотрудникам, насколько они ценные специалисты, и мотивирует к полной отдаче, так как карьерный рост – это мощный стимул.

Планируется отправить на курсы повышения квалификации и переподготовки кадров 56 человек руководителей и специалистов. Дополнительное обучение несет определенные затраты для бюджета предприятий – затраты на обучение, отрыв сотрудников от рабочего процесса. Согласно представленным данным в табл. 4 затраты составят 69,72 тыс. р.

Таблица 4

Расчет затрат на повышение квалификации и переподготовки кадров руководителей и специалистов ОАО «СветлогорскХимволокно»

Показатель	Значение
1 Число работников, направляемых на повышение квалификации и переподготовку, человек	56
2 Количество учебных часов	3360
3 Средняя стоимость дня обучения, р.	20
4 Стоимость обучения, тыс. р.	67,2
5 Расходы на оплату труда за время обучения, тыс. р.	1,68
6 Расход на оплату труда работников, замещающих отсутствующих специалистов, тыс. р.	0,84
7 Итого расходы на обучение, тыс. р.	69,72

При повышении квалификации руководителей снижаются временные затраты труда на обработку текущей документации и принятие решений.

Следовательно, экономический эффект повышения квалификации руководящих работников заключается в повышении производительности труда и соответствующем резерве сокращения численности работников за счет расширения их профессиональных навыков (табл. 5).

Таблица 5

Расчет экономического эффекта от повышения квалификации руководителей и специалистов ОАО «СветлогорскХимволокно»

Показатель	До мероприятия	После мероприятия	Отклонение, (+, -)
1 Производительность труда одного работника, тыс. р./человек	16,17	18,20	+ 2,2
2 Число работников, направляемых на повышение квалификации и переподготовку, человек	–	56	+ 56
3 Объем производства, тыс. р.	80 405	80 528,2	+ 123,2
4 Численность руководителей, человек	493	488	+5
5 Среднегодовая заработная плата работников, тыс. р.	5,77	5,77	0
6 Фонд оплаты труда, тыс. р.	2 844,6	2 815,76	–28,85
7 Экономический эффект от повышения квалификации руководителей и специалистов, тыс. р.	–	–	152,05

Примечание. Разработано автором на основе отчетности предприятия.

Если из данной суммы вычесть затраты на обучение, получим возможный прирост дохода предприятия на сумму $152,05 - 69,72 = 82,3$ тыс. р.

Таким образом, проведенные на предприятии мероприятия имеют практическую и научную значимость.

1. Повышение производительности труда операторов цехов основного производства в результате трансформации системы оплаты труда путем сокращения тарифной части заработной платы и увеличения премиальной приведет к повышению эффективности использования материального стимулирования труда рабочих основного производства ОАО «СветлогорскХимволокно». В соответствии с расчетными данными, при отсутствии роста производительности труда будет достигнут положительный эффект от экономии фонда заработной платы на 92,66 тыс. р., а также сокращение коэффициента соотношения темпа роста средней заработной платы и производительности труда.

2. Развитие кадрового потенциала предприятия путем трансформации системы формирования тарифного оклада руководителей низшего и среднего звена в зависимости от образования, стажа работы и уровня квалификации. Предложенная система позволит сократить тарифную часть оплаты труда руководителей. Разработанная схема формирует четкую зависимость между отдельными квалификационными критериями и уровнем условно-постоянной части заработной платы, что является существенным мотивирующим моментом.

3. Повышение качества работы руководителей и специалистов в результате повышения уровня их квалификации. Карьерный рост является мощным стимулом для сотрудников предприятия. Обучение за счет предприятия показывает, насколько они важные специалисты и мотивирует к большей отдаче. Суммарный экономический эффект от повышения квалификации руководителей и специалистов составляет 82,3 тыс. р.

Л и т е р а т у р а

1. Приоритетные направления развития промышленного комплекса Республики Беларусь на период до 2020 года // М-во экономики Респ. Беларусь. – 2012. – Режим доступа: www.economy.gov.by/nfiles/001938_612469_Концепс.doc. – Дата доступа: 10.10.2017.
2. Программа развития промышленного комплекса Респ. Беларусь на период до 2020 г : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 05 мая 2012 г. № 622 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2012. – № 5/35993.

МАРКЕТИНГ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ (НА ПРИМЕРЕ ОАО «ГОМСЕЛЬМАШ»)

В. В. Кудравец

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Н. П. Драгун

В современных условиях маркетинг в социальных сетях является одним из наилучших инструментов развития предприятия. Под социальными сетями понимаются программное обеспечение и сервисы на интернет-платформе, которые позволяют людям собираться вместе в виртуальной среде, проводить дискуссии, общаться и участвовать в любой форме социального взаимодействия, охватывающего текст, аудио, видео и другие медиа индивидуально или в любой комбинации [1].

Так как у социальных сетей есть множество преимуществ как перед другими механизмами онлайн-маркетинга, поисковой оптимизацией, контекстной и баннерной рекламой, так и перед стандартными рекламными инструментами (телевизионной и наружной рекламой), на сегодняшний день большинство компаний имеют страницы в нескольких социальных сетях [2, с. 258–259].

Одной из самых популярных социальных сетей в странах СНГ является «ВКонтакте», так как продвижение в ней обеспечивает доступ к многочисленной аудитории, часть которой – целевой сегмент ОАО «Гомсельмаш».

По состоянию на 01.01.2018 г., в группе состояло 652 человека. Иногда пользователи стран СНГ предпочитают пользоваться исключительно сайтом «ВКонтакте» и не посещать другие сайты. Структура посетителей группы ОАО «Гомсельмаш» в социальной сети «ВКонтакте» представлена на рис. 1.

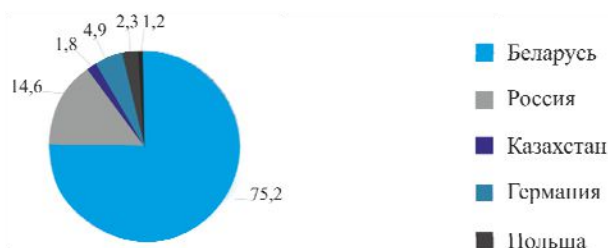


Рис. 1. Структура посетителей группы ОАО «Гомсельмаш» в социальной сети «ВКонтакте» за январь–декабрь 2017 г. по странам, %

Согласно представленным на рис. 1 данным, наибольший удельный вес в структуре посетителей сайта имеют посетители, место жительства которых Республика Беларусь – 75,2 %, на втором месте жители России – 14,6 %, на третьем – жители Германии – 4,9 %.

Следующую социальную сеть, которую важно рассмотреть в рамках данной работы – площадка «**Facebook**». Продвижение на этой площадке меняет способ взаимодействия с клиентами. Это мощный инструмент, который дает возможность охватить огромную аудиторию.

По состоянию на 01.01.2018 г., в группе состояло 243 подписчика, пометкой «нравится» сообщество отметило 224 человека. Следовательно, популярность данной группы ниже, чем у группы в социальной сети «ВКонтакте».

Структура посетителей группы ОАО «Гомсельмаш» в социальной сети «Facebook» представлена на рис. 2.

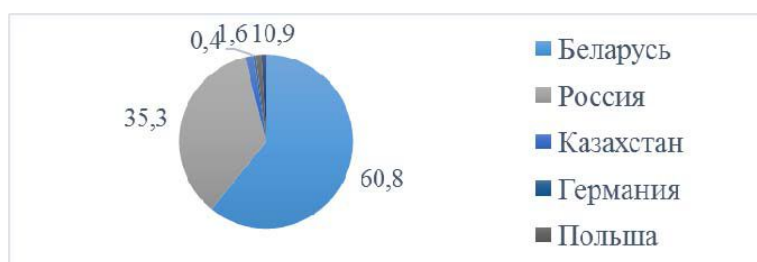


Рис. 2. Структура посетителей группы ОАО «Гомсельмаш» в социальной сети «Facebook» за январь–декабрь 2017 г. по странам, %

В структуре посетителей группы ОАО «Гомсельмаш» в социальной сети «Facebook» основной удельный вес занимают жители Беларуси – 60,8 %, однако их доля ниже, чем у аналогичной группы в сети «ВКонтакте», также ниже удельный вес жителей Казахстана, Германии и Польши. В то же время выше доля жителей России – 35,3 %. В отличие от «ВКонтакте» и «Одноклассников», эта сеть имеет более подходящий для бизнеса формат. Следовательно, развитие группы ОАО «Гомсельмаш» в рамках социальной сети «Facebook» представляется очень перспективным с т. з. расширения рынков сбыта в странах ближнего зарубежья.

Еще одной из самых прогрессивных и успешных является «**Instagram**».

По состоянию на 01.01.2018 г., на страницу ОАО «Гомсельмаш» подписаны 448 человек, всего на странице размещено 354 публикации. На сегодняшний день «Instagram» является одним из самых эффективных инструментов маркетинга. Самое главное отличие от прочих социальных сетей в том, что «Instagram» делает акцент на продукте.

Данные о пользовательской активности в описанных социальных сетях на страницах предприятия за сентябрь–декабрь 2017 г. представлены в таблице.

**Данные о пользовательской активности в социальных сетях
на страницах ОАО «Гомсельмаш» за сентябрь–ноябрь 2017 г.**

Показатель	Сентябрь 2017	Октябрь 2017	Ноябрь 2017	Декабрь 2017	Отклонение, +/-	
					Ноябрь/ октябрь	Декабрь/ ноябрь
«ВКонтакте»						
Среднее количество записей за месяц	15	15	17	25	2	8
Среднее количество лайков за месяц	536	528	522	536	-6	14
Среднее количество репостов за месяц	32	30	31	36	1	5
Среднее количество новых подписчиков за месяц	65	68	71	92	3	21
Среднее количество уникальных посетителей за месяц	385	315	302	378	-13	76
«Facebook»						
Среднее количество записей за месяц	16	15	17	25	2	8
Среднее количество лайков за месяц	315	310	308	324	-2	16
Среднее количество репостов за месяц	10	11	11	15	0	4
Среднее количество новых подписчиков за месяц	36	35	39	42	4	3
Среднее количество уникальных посетителей за месяц	210	182	175	196	-7	21
«Instagram»						
Среднее количество записей за месяц	12	10	11	17	1	6
Среднее количество лайков за месяц	590	620	613	636	-7	23
Среднее количество новых подписчиков за месяц	68	75	71	89	-4	18

По данным таблицы, в сентябре–декабре 2017 г. наблюдается низкий уровень активности администраторов социальных сетей, выраженный небольшим числом записей на страницах предприятия – 10–17 в месяц. Низкая активность обусловлена тем, что функции ведения страниц в социальных сетях являются дополнительными обязанностями работников отдела перспективного планирования.

Недостатками существующей в ОАО «Гомсельмаш» системы управления маркетингом в социальных сетях являются:

1. Низкая активность администраторов вследствие отсутствия четкого определения обязанностей работников в рамках использования инструментов маркетинга в социальных сетях.

2. Отсутствие практики использования инструментов маркетинга социальных сетей в рамках продвижения группы, повышения уровня пользовательской активности и привлечения новых подписчиков.

3. Необходимость регулярности работы с социальными сетями.

4. Малое количество записей в сети «Instagram».

5. Небольшая активность пользователей (лайки, репосты, комментарии, количество подписчиков) в социальной сети «Facebook».

Чтобы исправить все выявленные недостатки, можно предложить ОАО «Гомсельмаш» реализовать следующие **мероприятия**:

1. Увеличение объемов реализации путем использования инструментов таргетинга в социальных сетях «ВКонтакте» и «Facebook».

2. Увеличение объемов сбыта путем использования сервиса «Товары» социальной сети «ВКонтакте».

3. Повышение эффективности использования маркетинговых инструментов социальных сетей путем введения должности специалиста по рекламе.

Все названные мероприятия имеют положительный экономический эффект и, следовательно, являются рекомендуемыми к реализации.

Таким образом, маркетинговые коммуникации в социальных сетях, несмотря на существующие проблемы, имеют большое значение. Главным для продвижения в социальных сетях является разработка стратегии, которая позволит структурировать работу, контролировать процесс и оперативно отслеживать эффективность [3, с. 158].

Литература

1. Горбунова, М. А. Всемирная паутина как инструмент маркетинговых коммуникаций в современных компаниях / М. А. Горбунова // *Вопр. экономики и управления*. – 2015. – № 2. – С. 68–70.
2. Котлер, Ф. *Маркетинг менеджмент. Экспресс-курс : пер. с англ.* / Ф. Котлер ; под ред. С. Г. Божук. – 2-е изд. – СПб. : Питер, 2006. – 464 с.
3. Халилов, Д. *Маркетинг в социальных сетях* / Д. Халилов. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 240 с.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF REPAIR-TECHNICAL SERVICE OF PRODUCTION BY USING THE CONCEPT OF TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE

E. D. Kulinkovich, Muhammad Omer Nasir

Pavel Sukhoi State Technical University of Gomel, Republic of Belarus

Scientific adviser I. V. Ivanovskaya

At present, the efficiency of the production system as a whole depends to a large extent on how well the repair and maintenance management system is organized. The emergence of equipment downtime due to repair and malfunction disrupts the production process, worsens all the economic and financial performance of its activities, and a decrease in the accuracy of the equipment adversely affects the quality of the products.

Since the second half of the twentieth century, the development of repair organization in the USSR and abroad has gone in many different ways. In the USSR, a system of preventive maintenance was developed. This system is a set of planned organizational and technical measures for the care, supervision, maintenance and repair of equipment. Among its main features can be identified planned nature and preventive (preventive) focus. Planned nature requires early identification of the composition, volume and frequency of

maintenance and repair work. Also, this system provides for carrying out medium and small repairs on a special schedule; overhaul maintenance, consisting of daily care and supervision of equipment, in the implementation of adjustments and minor repairs without stopping the production process; periodic inspections, flushing, testing for accuracy, which are carried out according to the plan after a certain number of hours of operation of the equipment. The system of preventive repair has significant drawbacks, among which one can note: inaccuracy of the standards for repair, overhaul cycles and significant deviations in the actual data of the equipment operation from planned, lack of consideration of the actual conditions (technological modes) of equipment operation, lack of accounting for the quality of materials and spare parts, reliable data on the technical condition of the equipment. But, despite this, in the Republic of Belarus, as well as in Russia and other CIS countries, this system has been used for many decades [1].

One of the main problems of domestic production is the use of obsolete and physically worn out equipment. It is in many cases that it is the cause of injuries and accidents. Such equipment requires large costs for its maintenance and repair, which leads to low productivity of enterprises and a high cost of their products. In addition, the quality of goods due to this is much lower than the quality of the goods of their foreign competitors possessing more sophisticated equipment.

This problem cannot be solved simply by replacing the old equipment with a new one. This confirms the fact that its depth is still not fully understood. Not every replacement of equipment will allow an enterprise to achieve its goals, in particular, to ensure the competitiveness of products. There are three ways to get new equipment: buy it from domestic manufacturers, buy abroad or make by yourself. For domestic enterprises at this stage, the latter option is irrelevant, although in the world it is practiced.

But, perhaps, one of the most important questions is how to replace the replaced equipment, start, maintain and operate. Modern equipment, which, as a rule, is always highly technological, requires not only an appropriate level of knowledge of personnel who are in touch with this equipment in one way or another, but also a new system of relations between these employees. Building a system of relations is a very difficult task that requires a long time. The solution of this problem can be substantially facilitated and accelerated due to the use of world experience in effective equipment management. To date, the most complete expression of this experience found in the model, denoted by the abbreviation TPM (Total Productive Maintenance).

At the turn of the 1940s and 1950s, an American system for the prevention of equipment was used in Japan, which presupposes a clear division of labor between the operators using the equipment and the specialists who carry out its maintenance. At the same time, Japan began to develop its own concept of quality assurance, according to which the rate should not be made on quality control from the outside, but on the creation of high quality directly in the process of work. One of the natural stages in the implementation of this approach was the emergence of quality circles, which did not ignore such an important factor of quality assurance as equipment [2].

The Japanese specialists studied the work of Ford's automobile companies in the US, and then, based on this experience, and their own developments, they created a production system called TPS (Toyota Production System). The above-mentioned general maintenance system for TRM equipment is one of the components of this production system. The TRM system was developed in Japan at the turn of the 1960s and 1970s at Nippon Denso, the supplier of electrical equipment for Toyota, as a technique for increasing the efficiency of equipment and its service life. This system includes a set of methods designed to ensure that

each machine is constantly in a working state, and production is never interrupted. In 1989, the expanded content of the TRM system was given [1].

The purpose of TRM is to create an enterprise that constantly strives to increase the efficiency of the production system. To achieve this, a mechanism is used that covers all workplaces, and involves the prevention of all types of losses («zero accidents», «zero breakdowns», «zero marriages») throughout the life cycle of the production system. In this system, all departments are involved: design, commercial, managerial, but, above all, production. In addition, all the personnel participate in the achievement of the goal – from the top manager to the employee of the «first line» [2].

TPM includes eight principles, among which are the following:

- 1) continuous improvement: practice-oriented prevention of production losses;
- 2) autonomous maintenance: the equipment operator must independently inspect, clean, lubricate, and minor maintenance work;
- 3) maintenance planning: ensuring 100 % availability of equipment, as well as carrying out kaizen activities in the field of maintenance;
- 4) training and education: staff should be trained in accordance with the requirements for improving skills for operation and maintenance of equipment;
- 5) launch control: realize a vertical curve of launching new products and equipment;
- 6) quality management: implementation of the goal of «zero defects in quality» in products and equipment;
- 7) TPM in the administrative zones: elimination of losses in indirect production units;
- 8) labor safety: transformation of accidents at the enterprise to zero [3].

The TRM system refers to the equipment maintenance systems according to its real state. Its essential difference from the system of preventive maintenance is that in the latter for determining the object, terms and amounts of maintenance work is the operating time of the equipment, in TRM, the determination of the terms and amounts of work is based on the actual condition of the equipment (with the exception of maintenance work).

After the TRM system gained fame outside of Japan, the world's leading corporations of various fields took up its implementation. Among them are the largest automakers such as General Motors, Ford, BMW, Renault, as well as Eastman Kodak, Procter & Gamble, Pirelli and DuPont [1].

Qualitative improvement of the state of the enterprise is achieved when using TPM due to the coordinated change of two factors. The first is the professional development of the individual: the employees of the enterprise should be able to independently perform daily maintenance, maintain the operability of high-tech equipment, design equipment that does not require maintenance and repair. The second one is the improvement of equipment: increasing the efficiency of using existing equipment due to its continuous improvement and designing new equipment taking into account the full life cycle, with the subsequent conclusion of it in the shortest possible time at full design capacity.

In the TRM concept, two types of breakdowns are considered to be the main obstacle to the use of equipment: stopping equipment and leading to a deviation from the normal course of work and, as a consequence, entailing marriage or other losses.

«Zero breakdowns» are achieved in the TPM through the phased, systematic and continuous implementation of five groups of activities:

- creation of basic conditions for the normal operation of equipment;
- observance of operating conditions of equipment;
- restoration of natural wear and tear;
- elimination of constructive (project-related) shortcomings of equipment;
- increase the skill of operators, repair and maintenance specialists, design engineers.

Having studied the advantages of this system, it is worth noting that it is very effective, as it implies avoidance of marriage, accidents and breakdowns absolutely at any stage of the life cycle of the equipment, which helps to keep it operational.

In Belarus, Russia and other CIS countries enterprises continue to use the outdated system of planned preventive maintenance practically unchanged, which leads to significant losses of time, productivity, money and causes considerable damage to their competitiveness. The use of the TRM system would make it possible to achieve the greatest efficiency in the field of maintenance and repair of equipment.

When deploying the TRM system at an enterprise, the question naturally arises – is it worth doing this before purchasing equipment or after. At the moment, the accuracy and quality of equipment in domestic enterprises are insufficient to produce high-quality products. In addition, repairs are carried out very rarely, and not always properly, which led to obsolescence of technology, as well as to a decrease in functional characteristics. Thus, the primary system is an efficient system for working with equipment. Only if there is such a system will enterprises be able to scoop up all the reserves of their equipment, and when buying a new one, avoid the miscalculations and losses that inevitably arise in the absence of such a system [2].

Despite the simplicity of the ideas, it takes a lot of effort and time to develop the TRM system (from 3 to 10 years), in view of the fact that the system offers both a radical change in the outlook and psychology of the individual employee and the entire set of relations between the employees of the enterprise. However, the successful experience of Japanese enterprises shows that such changes contribute to the success in the world market.

List of references

1. Erokhin, E. A. Evolution of maintenance systems and equipment repair / E. A. Erokhin, A. E. Osintsev. Information site on economics. – Access mode: <http://www.ekportal.ru/page-id-3103.html>. – Access date: March 24, 2018.
2. Organization of repairs: quality through Total Productive Maintenance, or about the maximum efficiency of equipment / Portal of mechanical engineering. – Access mode: <http://www.mashportal.ru/Default.aspx?articleId=202&newsType=ArticleView &tabid=119>. – Access date: March 24, 2018.
3. Encyclopedia of Production Manager: TPM (Total Productive Maintenance) [Electronic source] / Production Management. – Access mode: <http://www.up-pro.ru/encyclopedia/total-productive-maintenance.html>. – Access date: March 24, 2018.

ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ VMI НА БЕЛОРУССКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Т. И. Маевская

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Е. П. Пономаренко

На сегодняшний день на каждом предприятии существует проблема управления запасами, как следствие, совершенствование логистики является необходимым условием для эффективного и успешного ведения бизнеса. Большинство предприятий по сей день оформляют заказы на приобретение ресурсов поставщикам. Данный метод не является эффективным, поскольку поставщик вынужден самостоятельно составлять прогнозы о заказах и вместе с этим хранить большие объемы страховых запасов. Что касается потребителей, то они страдают от высокого уровня цен, который возникает из-за логистических издержек поставщика.

Логистика на сегодняшний день находится на том этапе развития, когда существуют разные альтернативные пути управления запасами. Предприятие-покупатель вместо того чтобы оформлять заказы поставщику на поставку ресурсов, может обмениваться с ним информацией о спросе или продаже продукции, а также имеющихся у покупателя запасах. Другими словами, поставщик берет на себя ответственность за пополнение запасов потребителя. Данная система получила название «управление запасами поставщиком» или технология VMI (Vendor Managed Inventory).

VMI – это способ оптимизации деятельности в цепи поставок, в рамках которого поставщик получает доступ к данным о запасах клиента и обязуется поддерживать их на заранее оговоренном уровне [4].

На рис. 1 представлена схема взаимодействия между поставщиком и потребителем при использовании технологии VMI.

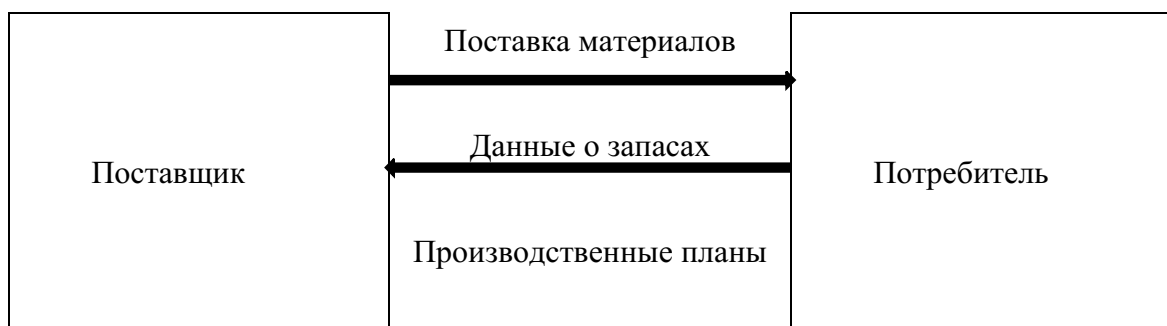


Рис. 1. Схема взаимодействия между поставщиком и потребителем при использовании технологии VMI [5]

Именно VMI-подход позволяет сократить логистические издержки на хранение и обслуживание запасов за счет взаимодействия покупателя и поставщика. Использование данной системы выгодно как потребителям, так и поставщикам, поскольку потребители могут снизить уровень запасов, а поставщик получает возможность более точного планирования графика производства и распределения посредством обмена информацией с потребителем [2].

Практическая реализация технологии VMI на предприятии может быть воплощена на практике следующими способами [1]:

- размещение товаров на территории компании-заказчика без оплаты до тех пор, пока этот товар не использован или не продан;
- постоянное присутствие представителя поставщика на территории заказчика;
- регулярные поставки до заранее установленного покупателем уровня;
- самостоятельный анализ и принятие решения о наименованиях поставляемых товаров поставщиком.

На рис. 2 представлены этапы реализации технологии VMI.



Рис. 2. Этапы реализации технологии VMI [2]

На первом этапе осуществляются такие процессы, как [2]:

- установка параметров пополнения товарной номенклатуры;
- анализ исторических данных;
- прогнозирование спроса;
- вывод или замена устаревшей товарной номенклатуры;
- и др.

После запускается автоматизированный процесс VMI. Данный процесс начинается с формирования заказов на поставку, которые автоматически создаются. Затем происходит физическое пополнение запасов. После осуществляется продажа товара и происходит обновление информации о ежедневных продажах через систему обмена электронными сообщениями. Цикл повторяется.

Стоит отметить преимущества, которые дает для потребителя и поставщика использование системы VMI.

Преимущества для потребителя:

- улучшенный анализ рынка (понимание покупательских предпочтений);
- увеличение продаж;
- снижение уровня товарно-материальных ценностей;
- снижение уровня запасов;
- и др.

Преимущества для поставщика:

- сокращение времени и затрат на управление пополнения запасов;
- увеличение продаж за счет снижения большого количества запасов.

Целевые клиенты данной системы – это клиенты с наибольшим товарным оборотом, а также с высоким потенциалом роста. В России систему VMI внедрили такие предприятия, как «Coca Cola», «Metro», «Real» и др. Что касается белорусских предприятий, то среди них тоже есть примеры успешного управления запасами: СП ЗАО «Милавица» и ОАО «Керамин». В Беларуси применение технологии VMI широко не распространено, поскольку существуют проблемы ее реализации: отсутствие кадров; требуются кардинальные изменения в области методов ведения бизнеса, но не все предприятия готовы на эти изменения; необходимость внедрения дорогостоящих специализированных программ; незнание того, как реализовать данный способ на практике [3]. Также важным условием для внедрения VMI является наличие средств для реализации данного проекта. Решением некоторых проблем может послужить внедрение подсистем, например, подсистемы планирования производства, обучения специалистов или подсистемы учета готовой продукции.

Таким образом, VMI-система позволяет снижать уровень запасов, а также рисков, которые связаны с хранением запасов. Благодаря доступу поставщика к инфор-

мации о реальном спросе появляется возможность эффективно использовать материальные ресурсы и в то же время сокращать уровень страховых запасов. Реализация технологии VMI будет выгодна тем белорусским предприятиям, у которых высокий уровень продаж либо отрасли с дорогостоящими товарно-материальными запасами.

Литература

1. Совместное управление запасами / Менеджмент. – Режим доступа: www.cfin.ru/management/manufact/VMI.shtml. – Дата доступа: 28.02.2018 г.
2. Содержание метода VMI / Менеджмент. – Режим доступа: <https://logsystem.ru/articles/soderzhanie-metoda-vmi>. – Дата доступа: 28.02.2018 г.
3. Негомедзянов, Ю. А. / Углубление функциональности логистической концепции VMI / Ю. А. Негомедзянов. – Режим доступа: www.lscm.ru/index.php/ru/po-avtoram/itemlist/tag/vmi. – Дата доступа: 28.02.2018 г.
4. Технология управления запасами VMI/Маркетинг. – Режим доступа: https://knowledge.allbest.ru/marketing/2c0b65635a3ac78b4c53a88421206d26_0.html. – Дата доступа: 25.02.2018 г.
5. Система VMI/Менеджмент. – Режим доступа: <https://ru.coursera.org/learn/logist/lecture/alpPT/3-sistemy-jit-vmi-i-mrp-v-zakupochnoi-logistike>. – Дата доступа: 06.04.2018 г.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В КОНТЕКСТЕ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ ЗНАНИЙ

Ю. О. Палева

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Ю. А. Волкова

Современный этап развития экономики Республики Беларусь характеризуется тенденциями становления «экономики знаний», которая является высшим этапом развития постиндустриальной, инновационной экономики, а потому в наибольшей степени характерна для самых развитых стран мира: США, Германии, Великобритании, Японии. Экономика знаний – это экономика, обеспечивающая непрерывный процесс производства знаний и их превращения в новые технологии, товары и услуги [2, с. 53]. На современном этапе развития Беларуси в условиях становления «экономики знаний» образование является движущей силой экономического роста, повышения эффективности и конкурентоспособности народного хозяйства, что делает его одним из важнейших факторов национальной безопасности и благосостояния страны. Данным фактом обусловлена значительная роль системы высшего образования для развития экономики знаний и высокая актуальность его модернизации.

Согласно теории сравнительных преимуществ каждая страна должна производить то, что у нее получается лучше, чем в современных экономиках других. Высокая мобильность в XXI в. производственных факторов привела к тому, что сегодня не имеет большого значения наличие собственных сырьевых ресурсов (природный капитал) и накопленных сбережений (финансовый капитал), не так уж важно и географическое положение (транспортно-логистический капитал). Современная экономика переходит от конкуренции на основе сравнительных преимуществ (дешевая рабочая сила и богатые природные ресурсы) к конкуренции на основе уникальных изделий и процессов. Поэтому чрезвычайно важны только два фактора: человеческий капитал – знания и навыки населения и умение их использовать, т. е. государственная политика по использованию знаний.

Вместе с тем любая современная отрасль (биотехнологии, фармацевтика, телекоммуникации, информационные ресурсы, микроэлектроника) может возникнуть лишь в том случае, если страна обладает соответствующим уровнем человеческого

капитала, например, имеет достаточное число докторов, кандидатов наук, магистров. Поэтому инвестиции государства в человеческий (в образование, здравоохранение) и в интеллектуальный капитал (инновационные технологии, наука) стали важнейшим фактором качественного экономического роста.

Таким образом, цель исследования – рассмотрение глобального тренда повышения роли высшего образования в развитии человеческого капитала, анализ проблемы несоответствия белорусского высшего образования требованиям экономики знаний и формулировка задач модернизации, направленных на улучшение качества подготовки специалистов, востребованной в условиях инновационных преобразований экономики Беларуси.

Человеческий капитал формирует конкурентное преимущество страны в масштабах мировой экономики. Лидерами в глобальной конкуренции сегодня являются те страны, где наряду с эффективными государственными институтами функционирует система высококачественного образования, производства и использования знаний и высоких технологий [2, с. 54]. Такие условия экономики помогают развитым странам значительно повысить производительности труда, увеличить долю услуг и наукоемкой продукции в общем объеме производства.

В Республике Беларусь сложилась следующая ситуация. В рейтинг индекса глобальной конкурентоспособности за 2017 г. Всемирного экономического форума Беларусь не включена, что не является положительным моментом для нашей страны, так как позиция и положительная динамика продвижения в рейтинге являются сигналом для инвесторов о благоприятных условиях для экономических отношений, что в конечном счете способствует притоку иностранных инвестиций, использованию передовых технологий и опыта, росту эффективности производства.

В рейтинге стран мира по индексу инноваций в 2017 г. – 88-е место из 127 стран. Подобные результаты отражают низкие темпы внедрения инноваций, неадекватные требованиям новой экономики уровни развития образования и науки, невысокое качество человеческого капитала. Более 90 % населения республики имеют высшее, среднее или базовое образование. Это подтверждается результатами расчета «Индекса уровня образования в странах мира» (Education Index) – комбинированного показателя ПРООН, рассчитываемого как индекс грамотности взрослого населения и индекс совокупной доли учащихся, получающих начальное, среднее и высшее образование. По последним данным, представленным по состоянию на 2015 г., Республика Беларусь занимает 26-е место (индекс 0,834), Россия – 34-е (0,816), Казахстан – 39-е (0,805).

Современные глобальные перемены, к важнейшим из которых относятся усиление интеграционных экономических процессов и интернационализация их последствий ставят новые задачи перед высшей школой и оказывают воздействие на характер ее функционирования. Существуют следующие глобальные вызовы и угрозы экономической глобализации:

- 1) вероятность неконкурентоспособности и возможность банкротства национальных производителей;
- 2) усиление неравномерности развития стран мира;
- 3) ослабление национального экономического суверенитета и принятие экономических решений не в интересах граждан страны;
- 4) безработица, вызванная переносом производств в страны с дешевой рабочей силой;
- 5) «утечка мозгов», знаний, технологий;
- 6) неэффективное использование природных ресурсов и загрязнение окружающей среды.

Глобализация оказывает влияние на модернизацию высшего образования в следующих аспектах [3, с. 5]:

- интеграция национальных систем в единое образовательное пространство;
- создание кластеров в образовании;
- усиление междисциплинарной интеграции в профессиональной подготовке будущих специалистов.

Стремление Республики Беларусь войти в мировое сообщество предполагает, соответственно, интеграцию отечественной высшей профессиональной школы в международное образовательное пространство и международный рынок образовательных услуг как предполагаемого равноправного участника Болонского процесса, целью которого является формирование единого рынка труда высшей квалификации в Европе. Данные процессы призваны осуществить масштабную интернационализацию образования и обеспечить его качество в соответствии с международными стандартами. Болонский процесс следует рассматривать как инструмент развития высшего образования в свете приоритетных направлений развития всей системы образования Республики Беларусь.

Системная модернизация высшего образования предполагает внесение изменений и дополнений в действующую нормативную правовую базу в образовательной сфере, что позволит перераспределить полномочия и ответственность в сфере высшего образования в пользу УВО. Объем компонента УВО в учебных планах будет увеличен с 30 до 50 %.

Среди других нововведений следует выделить [1, с. 7]:

- принято концептуальное решение о переходе к многоступенчатой модели высшего образования с присвоением академических степеней бакалавра и магистра и соответствующей квалификации;
- предлагается сформулировать такие требования в рамках компетентного подхода, где квалификация выпускника оценивается с точки зрения объема учебной программы и / или количества кредитов, уровня и результатов обучения, приобретенных компетенции, содержания учебного плана и других факторов;
- предполагается с участием Министерства интенсифицировать завершение разработки Национальной квалификации с ориентацией на Европейскую рамку квалификаций и применением Дублинских дескрипторов.

Для перехода системы высшего образования на новый качественный уровень требуются преобразования ее основных функций: обучающей, научно-исследовательской и информационной, т. е. тех функций, которые связаны с подготовкой высококвалифицированных кадров, совершенствованием компетенций на основе непрерывного обучения, продвижением знаний путем проведения и распространения результатов научных исследований.

Формирующаяся инновационная экономика ставит перед системой высшего образования следующие задачи:

- учет приоритетов национального и регионального развития;
- быстрая адаптация к изменениям институциональной среды;
- соответствие качества образовательной услуги требованиям рынка труда;
- интеграция с научно-исследовательской деятельностью.

Качество высшего образования может быть оценено по критерию, отражающему уровень достигнутого соответствия между требованиями рынка труда и сформированными компетенциями выпускников. Поэтому основным инструментом инновационного высшего образования должен стать компетентный подход, который широко используется при реализации стратегии развития европейского образования.

Так, позиция европейского бизнес-сообщества относительно Болонского процесса отражена в документе «The Bologna process. UNICE's position and expectations», который разработан Союзом конфедераций промышленников и работодателей Европы. Бизнес-сообщество полагает, что для успеха на рынке выпускник-бакалавр должен обладать не только знаниями, умениями и навыками в области изучения, но и «междисциплинарными компетенциями», среди которых: соответствующий уровень устной и письменной грамотности на родном и, по крайней мере, одном иностранном языке, способность работать в команде, навыки взаимодействия и посредничества, навыки презентации, аналитические способности, последовательность мышления, владение системным методом, творчество и гибкость в применении знаний, исполнительские навыки, предпринимательский образ мышления и деятельности, знание информационно-коммуникационных технологий.

Л и т е р а т у р а

1. Жук, О. И. Направления модернизации высшего образования и требования к педагогическим компетенциям преподавателей в контексте Болонского процесса / О. И. Жук. – 2015. – С. 1–10.
2. Саева, А. А. Противоречия «экономики знаний» в контексте развития современной системы образования / А. А. Саева // Вопр. экономики и права. – 2017. – № 4. – С. 50–55.
3. Степанова, Е. А. Модернизация образования в контексте задач устойчивого развития / Е. А. Степанова. – 2016. – С. 1–10.

РОЛЬ ВЫСШЕГО РУКОВОДСТВА В ОРГАНИЗАЦИИ ЭФФЕКТИВНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ (НА ПРИМЕРЕ ОАО «ГОМЕЛЬСКИЙ ЖИРОВОЙ КОМБИНАТ»)

О. И. Полякова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель И. В. Ивановская

С каждым днем требования к качеству и безопасности товаров возрастают, тем самым заставляя следовать мировым стандартам все более строго. Эффективным решением данного вопроса можно считать введение системы менеджмента качества (СМК), которая будет влиять на процесс производства товаров и предоставления услуг. Однако внедрение СМК сложный и трудоемкий процесс, включающий в себя целый комплекс работ и затрагивающий как различные аспекты деятельности предприятия, так и подсистемы системы менеджмента качества [1]. Для его реализации необходима координирующая сила, в качестве которой и должно выступать высшее руководство предприятия. Важность и актуальность данного вопроса обуславливают научную и практическую значимость темы исследования.

Целью работы является выявление роли высшего руководства предприятия в процессе функционирования системы менеджмента качества.

Объектом исследования выступает ОАО «Гомельский жировой комбинат».

Предметом исследования является система менеджмента качества предприятия.

Результаты работы представлены в виде практических рекомендаций по повышению эффективности СМК путем применения различных управленческих мероприятий.

Система менеджмента качества ОАО «Гомельский жировой комбинат» разработана в соответствии с требованиями СТБ ISO 9001, внедрена и поддерживается в рабочем состоянии для управления качеством на предприятии и реализации Политики в области качества. Предприятие постоянно улучшает результативность СМК в соответствии с требованиями СТБ ISO 9001.

На предприятии шесть видов деятельности оформлены в виде процессов: СТП СМК 7.2.3–01 Организация маркетинговой деятельности, СТП СМК 7.4.0–01 Закупки, СТП НАССР 03 Процесс производства майонезной продукции, СТП НАССР 06 Процесс производства кетчупов и томатной пасты, СТП СМК 7.5.0–01 Процесс производства маргариновой продукции и СТП СМК 7.3.0–01 Разработка и постановка продукции на производство.

Высшее руководство ОАО «Гомельский жировой комбинат» осуществляет менеджмент процессов в соответствии с требованиями СТБ ISO 9001 посредством комплексного решения задач цикла Деминга (планирования, осуществления, проверки, действия).

С целью обеспечения проведения политики в области качества и доведения ответственности и полномочий по выполнению требований документации СМК предприятия приказом директора назначен ответственный за СМК комбината. В каждом подразделении приказом директора назначены ответственные за СМК.

Руководство предприятия применяет политику в области качества как средство управления предприятием в направлении улучшения своей деятельности. Руководители структурных подразделений несут ответственность за определение целей в области качества, в соответствии с принятой политикой, разъяснение и реализацию этих целей в своих подразделениях.

Предприятие для поддержания СМК в рабочем состоянии, повышения ее результативности, постоянного повышения удовлетворенности потребителя выделяет необходимые ресурсы. Выделение ресурсов (материальных, человеческих) осуществляется на основании анализа имеющихся ресурсов. Руководство предприятия определяет и планирует потребность по всем видам ресурсов, которые обеспечивают внедрение и поддержание СМК предприятия в рабочем состоянии и выпуск продукции, удовлетворяющей требованиям потребителя. Ответственность за обеспечение предприятия необходимыми трудовыми, финансовыми, материальными ресурсами несет директор.

Руководство предприятия проводит анализ, оценку СМК и реализацию заявленной предприятием политики в области качества. Анализ функционирования СМК осуществляется на Дне качества один раз в год на основании обобщенного отчета, представляемого ответственным за СМК представителем руководства, и включает в себя:

- оценку задокументированной действующей СМК требованиям СТБ ISO 9001;
- оценку результатов внутренних и внешних аудитов;
- анализ эффективности корректирующих и предупреждающих действий.

Решения, принятые руководством на Дне качества, оформляются протоколом, который утверждает директор. Данный вид анализа является одним из самых действенных механизмов совершенствования СМК и системы НАССР.

Сам по себе День качества – это управленческое действие, реализуемое на ОАО «Гомельский жировой комбинат» в форме производственного совещания, проведение которого обеспечивает решение следующих задач:

- анализ результативности функционирования СМК в соответствии с СТБ ISO 9001–2009;

– анализ результативности системы НАССР в соответствии с СТБ 1470–2012;
 – выработку корректирующих и предупреждающих действий для устранения выявленных несоответствий, предотвращения потенциальных несоответствий, постоянного улучшения (СТБ ИСО 9004–2010), включения предложений в программу «Качество».

Распределение ответственности между должностными лицами по этапам проведения Дня качества приведено в таблице.

Матрица распределения ответственности по этапам проведения Дня качества

Наименование	Директор	Ответственный за СМК организации	Начальник ПТО	Начальник ЦПЛ	Руководитель подразделений-исполнителей	Технолог ПП	Ведущий инженер по стандартизации и сертификации
Планирование Дня качества	–	O ₁	–	У	–	–	–
Подготовка повестки дня	O	O ₁	–	И	–	–	У
Подготовка информации согласно повестке дня	–	–	–	–	O ₁	–	–
Проведение Дня качества	O ₁	У	У	У	–	У	–
Оформление протокола и утверждение	O	–	–	–	И	–	O ₁
Выполнение корректирующих действий, предоставление отчета о выполнении	–	И	–	И	O ₁	–	–
<i>Условные обозначения:</i>	<i>O – принимает решение</i>		<i>O₁ – ответственный исполнитель</i>		<i>И – получает информацию</i>		<i>У – участвует</i>

Примечание. Разработано автором на основе СТП СМК 5.6.0-01–2015 ОАО «ГЖК».

Таким образом, роль высшего руководства в функционировании СМК высока. Это обусловлено тем, что необходимость контроля и регулирования столь сложного процесса, как управление качеством посредством СМК, требует постоянного наличия независимых органов, способных своевременно и в полном объеме вносить изменения в существующую структуру на основе объективного анализа эффективности системы. Именно таким координирующим органом и выступает высшее руководство предприятия.

Однако, несмотря на все это, на комбинате наблюдается низкая инициативность со стороны работников. Стоит отметить, что проблема низкой инициативности как

управленческого, так и производственного персонала характерна для большинства белорусских предприятий. В связи с этим необходимым является реализация управленческих мероприятий, направленных на увеличение степени сплоченности и инициативности работников.

Одним из способов увеличения степени участия персонала в решении проблем качества, который на данный момент пользуется популярностью в Японии и Европе, являются «кружки качества». Они позволяют улучшить моральный климат среди членов рабочей группы, способствуют развитию чувства собственного достоинства каждого и созданию отношений между всеми членами кружка, основанных на уважении и человечности, создают условия для повседневного роста, развития творческих способностей человека. Кружки качества не являются решением всех проблем предприятия, но при условии должной поддержки со стороны руководства, мотивации работников и обеспечения ресурсами они могут способствовать непрерывному повышению качества [2].

Еще одним методом повышения эффективности СМК является повышение квалификации руководителей и специалистов всех уровней в области передовых технологий, обеспечивающих качество продукции и расширение международных профессиональных контактов. Цель данного мероприятия заключается в том, чтобы подготовить каждого работника к новейшим тенденциям в области профессионального развития и технического прогресса, помочь им шагнуть на новую ступень личностного роста, а также сделать возможным расширение общего кругозора каждого работника в сторону смежных областей знаний. Все это поможет сформировать более ясное понимание целей работы коллектива, места отдельного работника в его структуре и важности кооперации и сотрудничества.

В совокупности данные мероприятия позволят сформировать на предприятии сбалансированную систему менеджмента качества, способную гибко реагировать на изменения внешней среды, следовать постоянному повышению эффективности своей деятельности, в основе которой будут лежать инициативность, инновативность и кооперация.

Литература

1. Усик, Н. И. Важность системы менеджмента качества на предприятиях / Н. И. Усик, А. Э. Белоруков, А. В. Василенок // Науч. журн. НИУ ИТМО. Сер. «Экономика и эколог. менеджмент». – 2016. – № 4. – С. 70–77.
2. Драгун, Н. П. Формирование эффективной системы управления качеством продукции путем создания кружков качества / Н. П. Драгун, О. И. Полякова // Проблемы экономики, организации и управления промышленными предприятиями : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию каф. экономики и орг. машиностр. пр-ва., Минск, 15–17 февр. 2017 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Бел. гос. техн. ун-т. – Минск : БНТУ, 2017. – С. 127–131.

INTERNATIONAL STANDARDS OF QUALITY IN THE REPUBLIC OF BELARUS

O. Polyakova, R. Dadra

Paver Sikhoi State Technical University of Gomel, Republic of Belarus

Scientific adviser I. Ivanovskaya

More and more enterprises of the Republic of Belarus realized the need to certify their activities in accordance with international standards. This is especially important for enterprises seeking to move beyond the national market, since it is these standards that are the globally recognized equivalent of quality that leaders rely on when deciding on

cooperation. The most popular standards used by Belarusian enterprises are STB ISO 9001, STB ISO 14001, STB 18001, STB 1470. Their joint application allows to form a functioning system at the enterprise that can be quickly adjusted to changes in external economic conditions, be it legislation or consumer preferences, and fully meet world requirements. This is due to the scientific and practical significance of the chosen research topic.

Objective: to conduct an analysis of the degree of implementation of international quality standards in the activities of enterprises of the Republic of Belarus.

Research methods: generalization of literary sources and statistical data.

Standard STB ISO 9001 establishes the criteria for a quality management system and is the only standard in the series for which certification is possible. According to the Resolution of the State Committee on Standardization of December 14, 2015, № 58, from March 3, 2016, the standards of the Republic of Belarus STB ISO 9001–2015 «Quality management systems. Requirements» and STB ISO 9000–2015 «Quality management systems. Fundamentals and vocabulary».

ISO 9001: 2015 is the improvement of the 2008 standard. ISO 9001:2015 reinforces requirements that were previously assumed, such as error checking, change management, risk management, and error tolerance in the event of non-fulfillment of planned activities. ISO 9001:2015 is perhaps more directive in these areas, and has less scope for interpretation. When following the path proposed by the new standard, the organization will come to a better understanding of the expectations of customers and protect their activities.

Objectives of the standard ISO 9001:2015:

- create a stable system of requirements for the next 10 years;
- despite the fairly general nature of being still relevant to all types and sizes of organizations regardless of the sector of the economy;
- maintain the current emphasis on the effective management of processes to achieve the desired results, to take into account the change in the practice of quality management, because the last major revision took place in 2000;
- reflect the change in the increasingly complex and dynamic environment in which the organization operates;
- apply the general structure in the definition text set out in the annex SL in the ISO directive to ensure compatibility with other management systems (example ISO 14001);
- use simple wording to ensure understanding and interpretation of requirements [1].

The new structure of ISO 9001:2015 was also reflected in the schematic presentation of the process approach. The scheme of the process approach reflects the interconnection of all sections of the standard (Figure 1).

According to The National System for Confirming the Compliance of the Republic of Belarus (NSCC) for the period from 2013 to 2016, the number of STB ISO 9001 certificates from 2570 increased to 3076 [2]. The largest number of certificates is in Minsk – 1110. Further down are: Minsk region – 509, Gomel region – 418, Brest region – 395, Mogilev region – 326, Grodno region – 322, Vitebsk region – 316 [3]. As of January 10, 2018, the largest number of certificates were issued Belarusian State Institute of Standardization and Certification (BelSISC) and was 344 certificates. Further descending followed by: Technical Institute for Certification and Testing (TICT) – 320 certificates; Belarusian State Institute of Metrology (BelSIM) – 307 certificates; RUE «Stroytechnorm» – 306 certificates; Bobruisk CSM – 276 certificates [3].

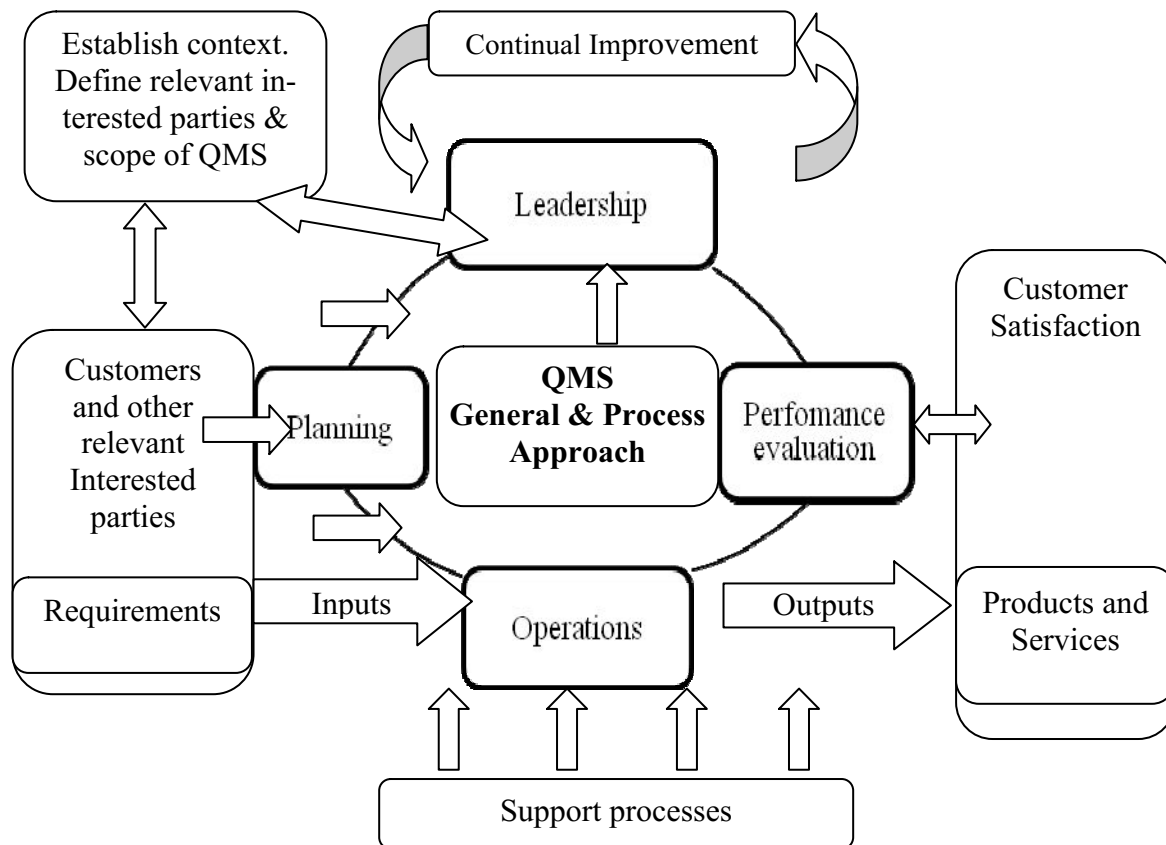


Fig. 1. Scheme of the process approach according to ISO 9001: 2015
Note – Developed by the author using [1]

STB ISO 14001 sets the system requirements of environmental management. The current version is STB ISO 14001–2017 «Environment management systems – Requirements with guidance for use», approved by the resolution of State Committee on Standardization of Belarus from 11.04.2017 г., № 29 and entered into force from 1 July 2017. According to the NSCC, in 2016 only 268 organizations of Belarus had this certificate, while in 2013 number was 294 [2]. That is, in contrast to other standards, here is observed gradual decline. Top 5 accredited certification bodies issued the highest number of certificates STB ISO 14001, at January 10, 2013 includes: EcologyInvest – 77 certificates, BelSIM – 68 certificates, BelSISC – 57 certificates, Belarusian Research and Development Center «Ecology» (BelRDC Ecology) – 33 certificate and BNTU – 23 certificate [2].

STB 18001 is another of the standards we consider. This standard specifies the requirements for occupational health and safety management system that are applicable to organizations of any type and size. The introduction of such a system allows organizations to formulate a policy in the field of labor protection, establish goals and processes to fulfill the obligations stipulated by the policy. STB 18001–2009 «Occupational health and safety management system. Requirements», approved by the resolution of State Committee on Standardization of Belarus from April 24, 2009, № 19 and entered into force from October 01, 2009. According to the NSCC, in 2016, 1068 organizations of the Republic of Belarus introduced this standard, while in 2013 their number was 873 [2]. The largest number of certificates STB 18001 as of 10.01.2018 was issued by Republican Center for Labor Protection of the Ministry of Labor and Social Protection of the Republic of Belarus

(RCLP) and amounted to 230 certificates. Further in descending order follow: Republican Institute of Higher School (RIHS) – 173 certificates, BelSIM – 119 certificates, BelSISC – 92 certificates, Bobruisk CSM – 51 certificate [2].

Standard STB 1470 establishes the basic requirements for a quality management system and food safety based on risk analysis and critical control points. It outlines the principles for the development of the HACCP system, the requirements for the implementation and operation of this system, and provides examples of working documentation. The current version of the standard is STB 1470–2012 «Management of food safety through the hazard analysis and critical control points. General requirements», introduced on January 1, 2013 in accordance with the Resolution of the State Committee on Standardization of the Republic of Belarus from January 18, 2012, № 4. According to the NSCC, in 2016 the number of enterprises certifying their activities under this standard was 381. In 2015, 2014 and 2013 years the value of this indicator was 353, 350 and 336 certificates, respectively [2]. Thus, there is an insignificant but steady increase in the number of enterprises that have successfully implemented this standard. The top 5 accredited certification bodies that issued the largest number of STB 1470 certificates at January 10, 2013 includes: BelSIM – 67 certificates, BelSISC – 48 certificates, Gomel CSM – 40 certificates, Brest CSM – 31 certificates, Grodno CSM – 29 certificates [2].

Thus, favorable conditions exist in the Republic of Belarus for certification and introduction of international level standards in the activities of enterprises of various industry affiliations. The basis for the regulation of relations arising in the development, establishment and application of technical requirements and standards is Law of the Republic of Belarus from October 24, 2016, № 436-3 «On the Introduction of Amendments and Additions to the Law of the Republic of Belarus «On Technical Norms and Standardization.» Also, this Law determines the legal and organizational basis of technical regulation and standardization, a unified state policy in this area.

Literature

1. СТБ ISO 9001–2015 (ISO 9001:2015, IDT). Системы менеджмента качества. Требования. – Введ. 01.03.2016. : Госстандарт. – Минск : БелГИСС, 2016.
2. Полякова, О. И. Сертификация деятельности предприятий Республики Беларусь по международным стандартам: актуальность и динамика / О. И. Полякова // Актуальні проблеми управління соціально-економічними системами : матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., Луцьк, 7 груд. 2017 р. Частина 2. – Луцьк : РВВ Луцького НТУ, 2017. – С. 262.
3. Полякова, О. И. Сертификация систем менеджмента в Республике Беларусь / О. И. Полякова // Модернизация хозяйственного механизма сквозь призму экономических, правовых, социальных и инженерных подходов : сб. материалов XI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23 нояб. 2017 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. нац. техн. ун-т ; ред. С. Ю. Солодовников [и др.]. – Минск : БНТУ, 2017. – Т. 2. – С. 196.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ (НА ПРИМЕРЕ ОАО «РОГАЧЕВСКИЙ ЗАВОД «ДИАПРОЕКТОР»)

А. С. Пысина

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Н. П. Драгун

На сегодняшний день совершенствование системы управления качеством продукции на любом предприятии является залогом его успешного развития и основной конкурентоспособности выпускаемых товаров или предоставляемых услуг.

Управление качеством – это постоянный, планомерный, целеустремленный процесс, обеспечивающий создание продукции оптимального качества и полноценное ее использование.

Весомое значение при выпуске продукции имеет их качество, предлагаемое на рынок. Спрос на качественный товар вполне закономерен. Следовательно, качество продукции важно не только изготовителю, но и потребителю.

Рост объемов реализации, показателей рентабельности и конкурентоспособности предприятия прямо пропорциональны тому, насколько выпускаемая продукция соответствует требованиям потребителей.

Управление обеспечением качества – это методы и виды деятельности оперативного характера, используемые для выполнения требований к качеству; направленные как на контролирование процесса, так и на устранение причин неудовлетворительного функционирования подразделений предприятия. При этом оно является оперативным управлением деятельностью предприятия по качеству и в совершенных условиях рыночных отношений наряду с общим руководством качеством и обеспечением качества выполняет функции, характерные для реализации управления организации по качеству.

Улучшение качества как одна из задач в системе качества предприятия представляет собой постоянную управленческую деятельность предприятия, направленную на повышение технического уровня продукции, качества ее изготовления, совершенствование элементов производства и самой системы качества предприятия. В условиях конкурентного рынка предприятие кровно заинтересовано в получении результатов, лучших по сравнению с первоначально установленными нормами. Обеспечение оптимального функционирования системы качества предприятия является основой его конкурентоспособности.

Существующая система управления качеством продукции ОАО «Рогачевский завод «Диaproектор» позволяет добиться высоких качественных показателей работы предприятия. Основным недостатком системы является низкий уровень ее автоматизации, что приводит к формированию длительной процедуры принятия решений, отсутствию единства между службами.

Главная цель политики предприятия в области качества – обеспечение высокого качества, высокой степени надежности и конкурентоспособность изготавливаемой продукции.

Согласно данным отчета о функционировании системы менеджмента качества за 2016 г.:

– затраты на ремонт гарантийных изделий в процентах от себестоимости произведенной продукции составили за 2016 г. – 0,039 % (за 2015 г. – 0,073 %);

– потери от брака в процентах от себестоимости произведенной продукции за 2016 г. составили 0,013 % (за 2015 г. – 0,171 %).

Следовательно, обобщенный объем потерь от брака составляет $0,039 + 0,013 = 0,052$ % от себестоимости произведенной продукции.

Приведя исследования управления технического контроля о функциональной зависимости уровня брака продукции и состояния контроля качества, предлагается повысить эффективность деятельности служб контроля качества путем осуществления закупки дополнительного контрольного оборудования.

Необходимый процент проводимых испытаний напрямую зависит от объемов выпускаемой предприятием продукции. Данная зависимость равна 0,5 %, т. е. 0,5 % выпуска продукции подвергается обязательным испытаниям.

В среднем количество испытаний в цехах основного производства ОАО «Рога-чевский завод «Диaproектор» установлено на уровне 300 раз в месяц, по данным центральной заводской лаборатории. Данный параметр носит фиксированный характер, что приводит к повышению уровня брака в периоды повышения объема производства. Среднегодовой уровень брака составляет 0,52 %.

Рассчитав количество необходимых испытаний, при которых уровень брака будет составлять 0,03 %, а процент продукции, подвергаемый контролю, 16,9 %, можно сделать вывод, что фактического количества испытаний недостаточно для того, чтобы производить менее бракованную продукцию, поэтому предприятию необходимо приобрести 1 стандартный комплект оборудования:

- микрометры МК – 1;
- микротвердомер ПМ–3 – 1;
- твердомер УЗИТ–3 – 1;
- психрометр МВ–4–2М (механический) – 1;
- дальномер STABILA LD 300 – 1;
- автокалиметр АКУ–1 – 1;
- люксметр TESTO 540 – 1;
- шумомер DT–805 – 1.

Общая стоимость данного оборудования, по плановым прогнозам, не должна превысить 2 100 р.

Экономический эффект от повышения эффективности деятельности служб контроля качества путем осуществления закупки дополнительного контрольного оборудования составит 3 218 р. Срок окупаемости проекта – 8 месяцев.

Согласно данным отчета о функционировании системы менеджмента качества за 2016 г., выполнение целей процесса «Управление персоналом» составляет 97 %. В результате недостаточного уровня укомплектованности кадрами наблюдается невыполнение показателей производительности труда.

В отчете указано, что для совершенствования процесса начальникам структурных подразделений необходимо своевременно подавать заявки на обеспечение необходимыми специалистами. При автоматизации системы данные проблемы планирования кадрового состава будут устранены, так как планирование будет осуществляться централизованной системой.

ERP программы – это программное обеспечение, предназначенное для объединения производства и операций, для управления трудовыми ресурсами и финансовыми активами и оптимизации ресурсов предприятия. Главная особенность систем планирования ресурсов предприятия состоит в объединении различных аспектов деятельности организации посредством единой базы данных и модулей, обрабаты-

вающих основные бизнес-процессы. Эти функции полностью реализованы компанией «Универсальная Система Учета» в разработанной ей программе для предприятий промышленности.

Система автоматизации планирования ресурсов предприятия работает по локальной сети и интернету. Наличествует контроль удаленного доступа и управление блокировкой в случае, если пользователь отошел от рабочего места. Интерфейс программы для контроля планирования ресурсов предприятия настраивается индивидуально: от присутствия определенных категорий для поиска по базе данных до управления стила рабочего стола.

Для должного контроля планирования ресурсов предприятия имеет значение делегирование различных прав доступа. Так рядовые сотрудники получают управление только необходимой им для работы информацией и смогут работать только с выделенными модулями. Руководство же получит контроль над всем функционалом для анализа и планирования ресурсов ОАО «Рогачевский завод «Диапроектор», управление финансовой отчетностью и аудит внесенных в базу данных правок.

В 2016 г. недостаточное количество рабочих привело к формированию внутрисменных простоев. В результате производительность труда в среднем сократилась на 710 р. Для устранения данного фактора необходимо увеличение численности рабочих основного производства на 80 человек.

Экономический эффект от автоматизации системы планирования трудовых ресурсов ОАО «Рогачевский завод «Диапроектор»

Наименование показателей	Фактически за 2016 г.	При применении автоматизированной системы планирования	Отклонение, +/-
Среднесписочная численность работников, человек	923	1003	80
Фонд заработной платы работников, тыс. р.	7066	7680	614
Производительность труда, тыс. р./человек	22,81	23,52	0,71
Объем производства, тыс. р.	21 054	23 592	2 539
Инвестиции, тыс. р.	–	213	–
Экономический эффект, тыс. р.	13 988	15 699	1 925
Окупаемость инвестиций, лет	–	0,11	–

Примечание. Разработано автором на основе данных предприятия.

Результатом автоматизации процесса планирования персонала является увеличение производительности труда и оптимизация численности персонала, что приводит к росту доходов предприятия на 1925 тыс. р. Срок окупаемости инвестиций составляет 0,11 года.

Дальнейшее развитие системы управления качеством ОАО «Рогачевский завод «Диапроектор» требует постоянной детализации принципов и норм, развития системы текущего контроля и автоматизации существующих процедур.

Гарантами выпуска высококачественной продукции, вызывающей доверие у потребителей, являются ее стандартизация и сертификация, целями которых являет-

ся подтверждение соответствия фактических характеристик продукции требованиям международных стандартов, технических условий и иных нормативных документов.

Запросы потребителей, предъявленные «вчера», могут совершенно расходиться с их запросами «завтра». В интересах любого предприятия, желающего оставаться конкурентоспособным и максимизировать свою прибыль, осуществлять мониторинг вкусов и требований потребителей, поиск возможностей совершенствования качества производимого продукта.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Р. С. Руденко, Е. И. Серикова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель М. Н. Андриянчикова

В настоящее время важнейшим фактором в современной экономике являются инновации. Инновация – это процесс, в котором создаются, внедряются и используются новые предметы, средства и способы удовлетворения человеческих потребностей, т. е. это внедренное новшество.

Главным направлением преобразований производственного потенциала Республики Беларусь должно стать внедрение новых и высоких технологий, развитие, рациональное размещение и эффективное использование научно-технического потенциала, формирование его структуры, увеличение вклада науки и техники в развитие экономики страны, реализация важнейших социальных задач, обеспечение прогрессивных структурных преобразований в сфере материального производства, повышение его эффективности и конкурентоспособности, укрепление обороноспособности страны и безопасности личности, общества и государства.

Процесс внедрения инноваций охватывает практически все стороны деятельности предприятия. Основой инновационной политики являются специалисты. На современном этапе модернизации профессионального образования производство нуждается в самостоятельных, творческих специалистах, инициативных предпринимчивых, способных приносить прибыль, предлагать и разрабатывать идеи, находить нетрадиционные решения и реализовывать экономически выгодные проекты. Без обращения профессионального образования к практико-ориентированным технологиям обучения и воспитания студентов достаточно проблематично выполнить поставленные задачи.

Создание практико-ориентированной образовательной среды учебного заведения, изучение ее влияния на становление, реализацию, раскрытие, самосовершенствование личности остается актуальной проблемой педагогики. Также возникает вопрос о недостатке квалифицированных рабочих, который стоит на первом месте. Главное значение при подготовке кадров имеет тесное взаимодействие сотрудника с работодателем.

Проблемы вызваны причиной организации, работодатели не верят в возможность качественной подготовки кадров образовательными организациями, а образовательные учреждения недовольны условиями производственной практики учебного процесса. Предприятия стали более требовательными к подготовке кадров в системе высшего образования. Работодатели рассчитывают на современного специалиста с широким кругозором, который будет владеть не только своей специальностью, но и смежными.

Решение этой проблемы невозможно без четко поставленных целей, которые отражены в стратегии социально-экономического развития страны. Основной задачей студента является успешная учеба, проявление интереса к обучению и саморазвитию в выбранном направлении. А задачей образовательного учреждения является предоставление качественных образовательных услуг, организовывать бесперебойное учебные процессы с привлечением национальных и зарубежных квалифицированных преподавателей. Основные компоненты, которыми должны обладать кадры: компетентность, адаптивность, мобильность и инновационность.

К задачам практико-ориентированной подготовки специалистов относят:

- формирование практического опыта профессиональной деятельности на базе конкретного производства;
- освоение профессиональных и общих компетенций по виду профессиональной деятельности;
- проверка возможностей самостоятельной работы будущего специалиста в условиях конкретного производства;
- сбор и подготовка материалов к сдаче экзамена (квалификационного) по освоению вида профессиональной деятельности, написание курсовой работы (проекта).

С целью выявления ситуации, насколько эффективно взаимодействуют «учреждения образования–студенты–предприятия», была определена степень взаимодействия сферы производства с высшими учебными заведениями. В качестве респондентов выступали студенты 2 и 3-го курсов гуманитарно-экономического факультета Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого (40 человек). Респондентам был задан вопрос «Где бы вы хотели работать после окончания первой ступени высшего образования?»



Рис. 1. Выбор места работы студентами после окончания первой ступени высшего образования

На рис. 1 представлены результаты анкетирования, отражающие выбор места работы студентами. Половина респондентов ответили, что хотели бы стать индивидуальными предпринимателями, аргументировав это тем, что на госпредприятиях небольшая зарплата. 13 опрошенных хотели бы уехать за пределы Республики Беларусь, так как они считают, что там больше возможностей для их профессиональной реализации. На государственных предприятиях же планирует работать только шесть опрошенных студентов, они аргументируют это тем, что ведется работа по специальности, имеется полный социальный пакет и стабильная заработная плата.



Рис. 2. Принимаемые решения студентами для улучшения их конкурентоспособности на рынке труда

На рис. 2 представлены результаты анкетирования, отражающие принимаемые решения студентами для улучшения их конкурентоспособности на рынке труда. Респондентам был задан вопрос «Что вы планируете делать для того, чтобы быть более конкурентоспособным на рынке труда?». Половина респондентов ответили, что они бы хотели пройти переподготовку или повышение квалификации. Для 13-ти опрошенных достаточно иметь хорошую успеваемость. Получение второй степени образования и участие в научной деятельности не заинтересовало современных студентов.

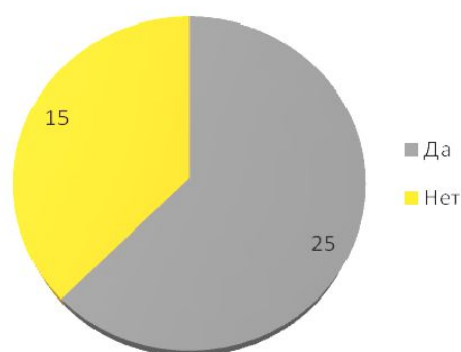


Рис. 3. Желание студентов взаимодействовать с предприятиями во время обучения

На рис. 3 представлены результаты анкетирования, отражающие желание студентов взаимодействовать с предприятиями во время обучения (посещение проводимых предприятиями семинары, тренинги). Большинство респондентов ответили, что они бы хотели взаимодействовать с предприятиями, так как они получают бесплатные профессиональные навыки и потенциальный опыт.

Проанализировав результаты анкетирования, можно наблюдать, что в Республике Беларусь преобладает низкая инновационная активность, для повышения которой необходима интеграция высших учебных заведений и предприятий, которая направлена на развитие экономики и социальной сферы.

Таким образом, практико-ориентированность и диалог позволяют студентам приобрести необходимый минимум профессиональных умений и навыков, опыт организаторской работы, систему теоретических знаний, профессиональную мобильность и компетентность, что соответствует образовательному стандарту и делает

наших выпускников конкурентоспособными на рынке труда. Совместная работа позволит подготовить практико-ориентированных специалистов, способных внедрять инновационные идеи.

Литература

1. Волкова, Ю. А. Управление персоналом : электронный учеб.-метод. комплекс дисциплины / Ю. А. Волкова. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013. – Режим доступа: URL: <https://elibrary.gstu.by/bitstream/handle/220612/2492/3511.pdf?sequence=1&isAllowed=n>.
2. Наука и инновации. – 2010. – № 12(94). – 67 с.
3. Cyberleninka. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-osuschestvleniya-integratsii-obrazovaniya-nauki-i-biznesa-v-universitetah-za-rubezhom>. – Дата доступа: 15.01.2018.
4. Солянкина, Л. Е. Модель развития профессиональной компетентности в практико-ориентированной образовательной среде / Л. Е. Солянкина // Изв. ВГПУ. – 2011. – № 1 (0,6 п. л.).
5. Шегельман, И. Р. Университет в инновационном пространстве региона / И. Р. Шегельман, А. В. Воронин // Высш. образование России. – 2010. – № 8–9/10. – С. 77–80.

ИТ-ОТРАСЛЬ БЕЛАРУСИ: ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ И РОЛЬ В НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКЕ

А. Д. Сыромолотова

Государственное учреждение высшего профессионального образования «Белорусско-Российский университет», г. Могилев, Республика Беларусь

Научный руководитель И. В. Ивановская

За последние пару лет Беларусь приобрела репутацию ведущей «ИТ-страны» в Европе. Разработка ПО в Республике Беларусь существует с 1998 г., но развитие ИТ-сферы началось после Декрета Президента № 12 «О парке высоких технологий» в сентябре 2005 г. [1]. Основной целью Декрета является развитие и привлечение ИТ-компаний и иностранных инвестиций.

Динамика развития ИТ-отрасли в Республике Беларусь

В 2006 г. резидентами Парка высоких технологий (ПВТ) стали 15 компаний, в которых работали 2 506 человек. Сегодня в ПВТ зарегистрирована 181 компания, а сотрудников насчитывается более 30 тыс.; 10 компаний из рейтинга крупнейших софтверных компаний мира **Software 500** имеют офисы разработки в Беларуси: (EPAM (107), Bell Integrator (281), IBA (281), Itransition (368), Coherent Solution (393), SoftClub (409), Artezio (416), Intetics (419), Oxagile (456), IHS (482)) [1].

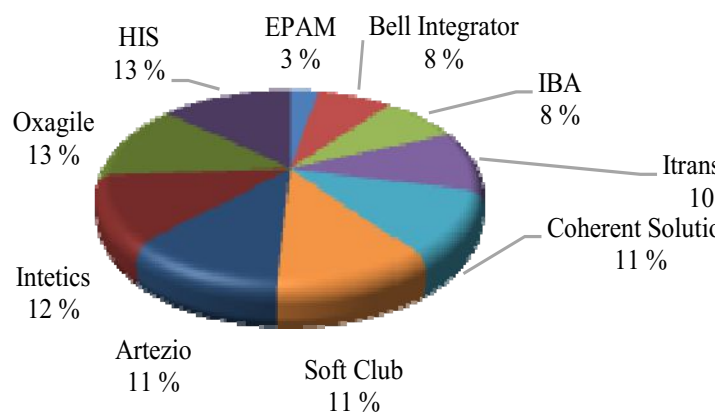


Рис. 1. Процентное соотношение количества иностранных офисов в Беларуси
Примечание. Разработано автором на основе работы [1].

В 2003–2016 гг. Беларусь находилась на первом месте в общем рейтинге Google Code Jam. В 2005–2016 гг. экспорт IT-услуг вырос в 30 раз, доля IT-экспорта выросла с 0,16 до 3,25 %. В 2009–2016 гг. процент IT-специалистов с опытом работы больше трех лет вырос с 51 до 72 %, с опытом больше семи лет – с 17 до 28 %. По сравнению с 2011 г. в 2014 г. инвестиции выросли на 290 %. Основными инвесторами являлись США, Нидерланды и Россия [1].



Рис. 2. Процентное соотношение принятых специалистов на первую работу в определенном возрасте
Примечание. Разработано автором на основе работы [1].

С каждым годом растет число компаний, работающих в Беларуси и производящих интеллектуальные продукты, востребованные во всем мире. В 2011 г. белорусской студией Wargaming.net была разработана многопользовательская онлайн-игра World of Tanks. Компания Viaden Media – крупнейшая в стране в сфере игровых приложений для мобильных платформ и социальных сетей. Одна из последних программ – All-in Fitness (приложение для занятий спортом), сейчас оно входит в топ самых скачиваемых приложений в десятках стран мира [2].

Белорусские компании традиционно входят в число ведущих поставщиков решений для бизнеса. Среди автоматизированных систем класса ERP в странах СНГ выделяется продукт крупнейшего в регионе разработчика ERP-систем – корпорации «Галактика», центральный офис которой располагается в Минске [2]. На сегодняшний день программным обеспечением компании пользуется более шести тыс. предприятий СНГ, представляющих различные отрасли экономики.

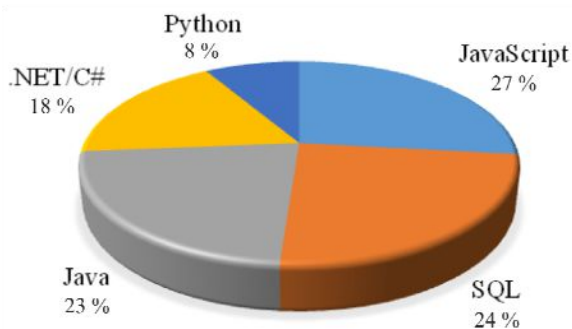


Рис. 3. Процентное соотношение наиболее популярных языков программирования
Примечание. Разработано автором на основе работы [1].

Роль ИТ-отрасли в национальной экономике

ИТ-индустрия приобретает стратегическое значение для Беларуси. На долю ИКТ приходится 10,5 % ВВП в секторе услуг и 5,1 % общего ВВП [1]. ИТ-услуги составляют 3,2 % в общем экспорте [1].

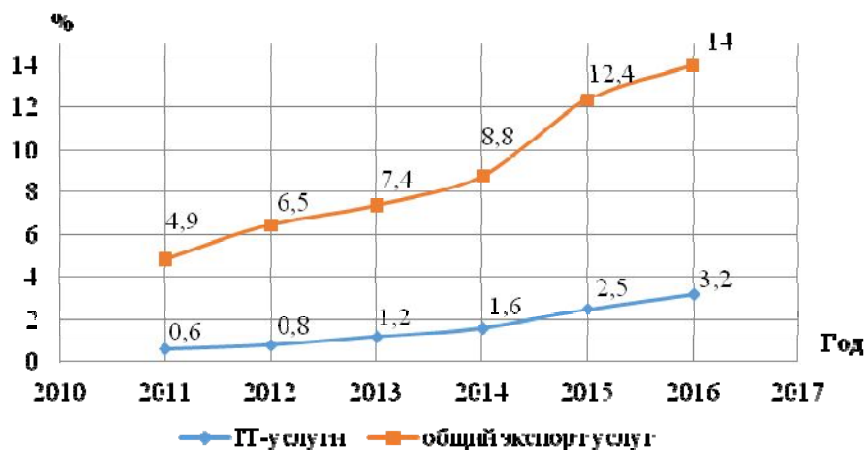


Рис. 4. Изменение процента ИТ-услуг и экспорта услуг по годам
Примечание. Разработано автором на основе работы [3].

Лидирующие сферы деятельности резидентов ПВТ:

- аутсорс-услуги (69 %);
- разработка технологических решений на заказ (67 %);
- разработка продуктов на заказ (52 %);
- разработка и поддержка ПО для внутренних нужд (48 %);
- разработка и поддержка проприетарного ПО для предприятий (43 %) [1].

Программное обеспечение, разработанное резидентами ПВТ в 2016 г., поступило «на вооружение» в 67 стран по всему миру. 49,1 % экспорта пришелся на Западную Европу, а 43,1 % – на США. Доля стран СНГ упала с 10,7 до 5,3 % из-за падения экспорта в Россию на 43 % в 2016 г.

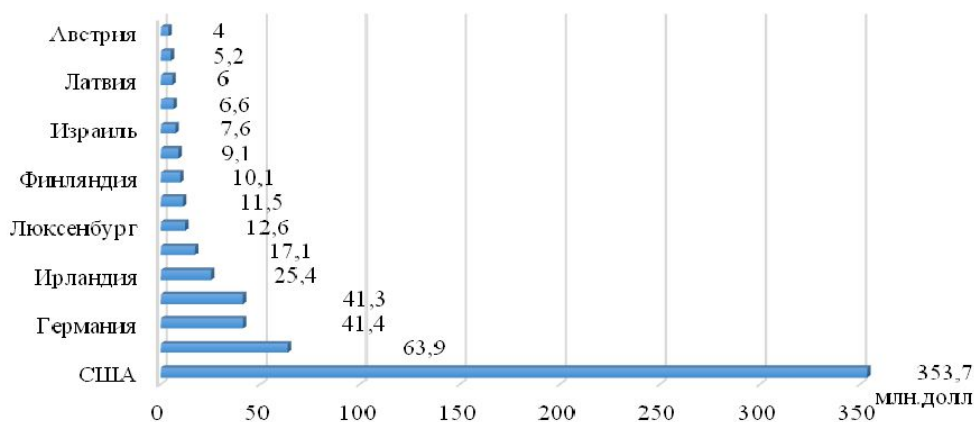


Рис. 5. Выручка от продажи ПО другим странам в 2016 г.
Примечание. Разработано автором на основе работы [1].

Наиболее важным приоритетом для компаний является привлечение новых клиентов (характерно для аутсорсинговых компаний). Совершенствование технологий разработки ПО и процессов, развитие новых технологических компетенций. Ускоренный сценарий развития ПВТ предполагает \$1,45 млрд выручки и 40 тыс. сотрудников компаний-резидентов в 2020 г. Консервативный вариант – \$1,27 млрд и 36 тыс. сотрудников, а средний заработок в ПВТ по оценке ЕУ составит \$2,4 тыс. [4].

С каждым годом экспорт IT-услуг в Беларуси растет, что положительным образом влияет на экономику государства. Введенный в 2005 г. Декрет Президента № 12 «О Парке высоких технологий» является не только стимулом работать в IT-индустрии, но и способствует развитию рынка экспорта Беларуси и международных отношений с другими странами.

Литература

1. 42 факта о белорусском IT: приоритеты, зарплаты, прогнозы из исследования ЕУ / IT в Беларуси. – Режим доступа: <https://dev.by/lenta/main/42-facts-on-belarusian-it-industry>. – Дата доступа: 05.04.2018.
2. IT-индустрия / Беларусь факты. – Режим доступа: http://belarusfacts.by/ru/belarus/economy_business/key_economic/it/. – Дата доступа: 05.04.2018.
3. IT в Беларуси–2017: больше продуктов и меньше уверенности в себе / IT в Беларуси. – Режим доступа: <https://salaries.dev.by/>. – Дата доступа: 05.04.2018.
4. IT-Страна / IT-Страна. – Режим доступа: <http://it-strana.by/>. – Дата доступа: 05.04.2018.

МОТИВАЦИЯ И ДЕМОТИВАЦИЯ ПЕРСОНАЛА НА ПРЕДПРИЯТИИ. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА (НА ПРИМЕРЕ ОАО «8 МАРТА»)

В. В. Фролова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Н. П. Драгун

На сегодняшний день предприятия столкнулись с большим количеством проблем, связанных с развитием общественных, экономических и политических отношений. Помимо необходимости изготавливать конкурентоспособную продукцию, чтобы выживать в рыночных условиях, необходимости адаптироваться к сложному законодательству, необходимо еще и учитывать интересы работников, для того чтобы организация полноценно функционировала в среде, предъявляющей очень высокие требования.

Одной из самых сложных сторон управления организацией, безусловно, можно считать управление персоналом, особенно управление мотивацией труда работников организации. Данный аспект в кадровом менеджменте выступает сегодня как наиболее значимый еще и потому, что понятие мотивации остается не определенным не только у менеджеров-практиков, но и у теоретиков менеджмента. Однако влияние уровня мотивации на производительность труда сложно переоценить.

Мотивация – одна из важнейших и стержневых проблем современной психологии и одна из самых интригующих и загадочных ее областей. Менеджеру, решающему многообразные мотивационные задачи в организации, приходится побуждать других людей к выполнению определенной деятельности, приводить направленность их побуждений в соответствие с задачами организации, ориентировать их на достижение определенного результата, воодушевлять их и поддерживать их энергию и настойчивость, помогать им преодолеть апатию и усталость и т. д. Таким образом, те-

ма нашей работы является актуальной, имеет научную и практическую значимость.

Объект исследования – система мотивации персонала на предприятии ОАО «8 Марта». В Беларуси предприятие «8 Марта» считают одним из крупнейших предприятий легкой промышленности, известных в Республике Беларусь и далеко за ее пределами. Сегодня оно является одним из лидеров по производству и продажам трикотажных и чулочно-носочных изделий [1].

Для оценки степени мотивации и демотивации сотрудников на предприятии было проведено анкетирование. Диагностика мотивации проводится для того, чтобы вырабатывать управленческие решения, связанные с расстановкой кадров, повышением эффективности методов коллективного и индивидуального стимулирования и т. д. Своевременно проведенная диагностика мотивации и выявление как открытых, так и скрытых факторов мотивационного кризиса у работников компании предотвращает такое нежелательное явление, как текучка кадров и снижение лояльности персонала, а также в конечном итоге способствует повышению производительности труда.

Мы опросили 15 человек из разных подразделений организации, в которые входили бухгалтерия (4 человека), отдел маркетинга (6 человек), отдел кадров (5 человек). Исходя из 1 раздела (блока) определили, что среди опрошенных сотрудников: 3 мужчины и 12 женщин в возрасте от 30 до 53 лет и сроком службы от 2 до 30 лет. Более детальная информация опроса представлена в табл. 1.

Таблица 1

Отдел, должность, возраст и пол сотрудников

Отдел	Должность	Возраст	Пол
Бухгалтерия	Главный бухгалтер	46	Ж
	Заместитель главного бухгалтера	31	Ж
	Бухгалтер склада	37	Ж
	Бухгалтер магазина	39	Ж
Маркетинг	Менеджер бренда	33	Ж
	Менеджер по рекламе	39	Ж
	Маркетолог-аналитик	43	Ж
	Начальник отдела маркетинга и рекламы	41	М
	Маркетолог-экономист	44	Ж
	Маркетолог-аналитик	38	Ж
Кадровая служба	Начальник отдела персонала	41	Ж
	Менеджер по персоналу	43	Ж
	Менеджер по обучению	35	Ж
	Заместитель директора по кадровым вопросам	40	Ж
	Инспектор по кадрам	38	М

На основе проведенного анализа был выявлен ряд проблем и их решение:

– часть сотрудников устала от монотонной и повторяющейся работы и предпочла бы более творческую и интересную работу;

– для опрашиваемых сотрудников очень важен размер заработной платы и премий и для дополнительного заработка не отказались бы от сверхурочной работы;

– потребность персонала в коллективной работе.

Для устранения факторов монотонии в ОАО «8 Марта» рекомендуется внедрить следующие мероприятия:

1. Внедрение оптимального темпа и ритма работы.
2. Внедрение рациональных режимов труда и отдыха.
3. Смена предметов труда.

Экономическая эффективность применения мероприятий по устранению монотонии в ОАО «8 Марта» заключается в экономии средств на компенсирующие выплаты за монотонность труда рабочих вязально-трикотажного цеха. Вследствие применения данных мер возможно снижение уровня напряженности труда работников и сокращение уровня выплат до 5 % от тарифной части фонда заработной платы

Расчет экономической эффективности предложенного мероприятия приведен в табл. 2.

Таблица 2

Экономическая эффективность внедрения мероприятий по устранению факторов монотонности

Показатель	До проведения мероприятия	После проведения мероприятия
Среднесписочная численность работников трикотажного цеха, человек	126	126
Среднегодовой тарифный оклад работников, р.	2876	2876
Фонд оплаты труда, тыс. р.	362,38	344,26
Экономический эффект, тыс. р.	–	18,12

Следующим одним из основных инструментов мотивации труда работников является премирование, устанавливающее прямую взаимосвязь размеров оплаты труда с результатами труда коллективов и отдельных работников организации.

Предлагаемым мероприятием является выплата дополнительных премий или иное премирование, например, в виде бесплатных путевок в санаторий, на море, за перевыполнение плана, пропорционально этому перевыполнению, с соблюдением качества продукции.

Предположим, что такую зависимость сделали для работников основного производства. При условии их эффективной работы и увеличении выручки от реализации на 0,5 % ежемесячно к объему реализации предыдущего года к их заработной плате будет прибавляться ежемесячно 1 % премии, начисленный от должностного оклада с учетом всех доплат.

Произведем расчет экономической эффективности предложенного мероприятия (табл. 3).

Таблица 3

Экономическая эффективность внедрения системы премирования

Показатель	До проведения мероприятия	После проведения мероприятия
Среднесписочная численность работников, человек	1098	198
Годовая сумма должностных окладов работников, тыс. р.	4 721,3	4 721,3
Годовая сумма премии, тыс. р.	1 439,6	1 476,8
Выручка от реализации, тыс. р.	25 529	25 657
Экономический эффект, тыс. р.	–	80,45

Для решения проблемы потребности персонала в коллективной работе предлагаем проведение соревнования в ОАО «8 Марта» за лучшие показатели выработки по бригадам. За каждый процент перевыполнения нормы производительности бонусом будет премия в размере 1 % тарифного оклада работников бригады. Нормой выработки возьмем норму прошлого года.

Сумма премии за отчетный квартал между работниками участка (бригады) распределяется сменным мастером (бригадным мастером) совместно с профгруппоргами участков (бригад) пропорционально их трудовому вкладу, а также с учетом фактически отработанного времени и показателей, определяющих эффективность их труда. Расчет экономического эффекта от создания рабочих групп представлен в табл. 4.

Таблица 4

Экономический эффект от создания рабочих групп и разработки системы производственных соревнований

Показатель	До проведения мероприятия	После проведения мероприятия
Среднесписочная численность работников, человек	1098	198
Производительность труда, тыс. р./чел.	176,2	193,82
Годовая сумма должностных окладов работников, тыс. р.	4 721,3	4 768,5
Выручка от реализации, тыс. р.	25 529	25 784
Экономический эффект, тыс. р.	–	208,1

В процессе разработки практических предложений и рекомендаций были учтены результаты анализа зависимости величины производительности и оплаты труда, а также результаты анкетирования, проводимого среди сотрудников предприятия.

При всей широте методов руководитель должен сам выбирать, каким образом стимулировать работника для выполнения главной задачи – выживания организации в жесткой конкуренции. Если этот выбор сделан удачно, то руководитель получает возможность координировать усилия и реализовывать потенциальные возможности коллектива работников на благо организации и общества в целом.

Литература

1. Организация и менеджмент – 2016. – Режим доступа: <http://www.brandmanage.ru/flc-811.html>. – Дата доступа: 11.02.2018.

**ВЛИЯНИЕ ИНФЛЯЦИИ НА ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ****М. А. Шведок***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель М. Н. Адриянчикова

Проблема инфляции занимает важное место в экономической науке, так как ее показатели и социально-экономические последствия отрицательно влияют на все стороны жизни общества, а также играют большую роль в экономической безопасности страны и мирового хозяйства.

Рассмотрим на примере нашей экономики историю появления и существования в ней инфляции:

В 1992 г. проводилась «либерализация цен». С 1992 по 1994 г. у нас преобладала гиперинфляция. С 1995–2000 гг – галопирующая инфляция. С 1995–1998 гг. инфляция в среднем составляла 114 %. В 2000 г была проведена деноминация в 1000 раз.

С 2002 г. инфляция становится «ползучей» и составляет 101–102 % в месяц.

В 2008 г. наступил мировой кризис. Со 2 января 2009 г. провели девальвацию белорусского рубля на 20,5 %. В 2011 г 2 раза осуществилась одномоментная девальвация. 24 мая рубль обесценился на 56,3 %, 21 октября – на 52 %. Цены на продукты и промышленные товары выросли на 125 и 112 %, соответственно [1]. С 1 января по 3 февраля 2015 г. белорусский рубль продолжал падение, обесценившись по отношению к доллару почти на 30 % (с 11 900 рублей до 15 450 рублей). Первый квартал 2015 г. – экспорт белорусских товаров в Россию снизился на 40 %. С наступлением 2016 г. ситуация стремительно ухудшается.

Растет количество убыточных предприятий; рентабельность продаж снизилась с 8,3 до 7,1 %, рентабельность реализованной продукции – 8,8 против 10,5 % в первом полугодии 2015 г. [2]. В январе 2018 г. ценовые показатели, характеризующие свободное ценообразование, сохранились в годовом выражении на низком уровне. Трендовая инфляция в январе 2018 г. составила 2,9 % (2,8 % месяцем ранее), средняя интенсивность прироста потребительских цен и тарифов замедлилась до 2,9 % (3 % месяцем ранее), базовая инфляция составила 2,6 % (2,5 % месяцем ранее). Основной причиной роста потребительских цен в январе 2018 г. по сравнению с предыдущим месяцем стало их восстановление после окончания новогодних акций и распродаж. Кроме того, отмечается возобновление роста цен на отдельные импортируемые товары (рыба и рыбопродукты, рис, электротовары), а также цен на товары мясомолочной группы. Административно регулируемые цены и тарифы в годовом выражении ускорились до 8,5 % (8,1 % месяцем ранее) [3].

Одним из главных показателей, характеризующих изменение во времени стоимости фиксированного потребительского набора товаров и услуг, приобретаемого населением, является индекс потребительских цен (рис. 1).

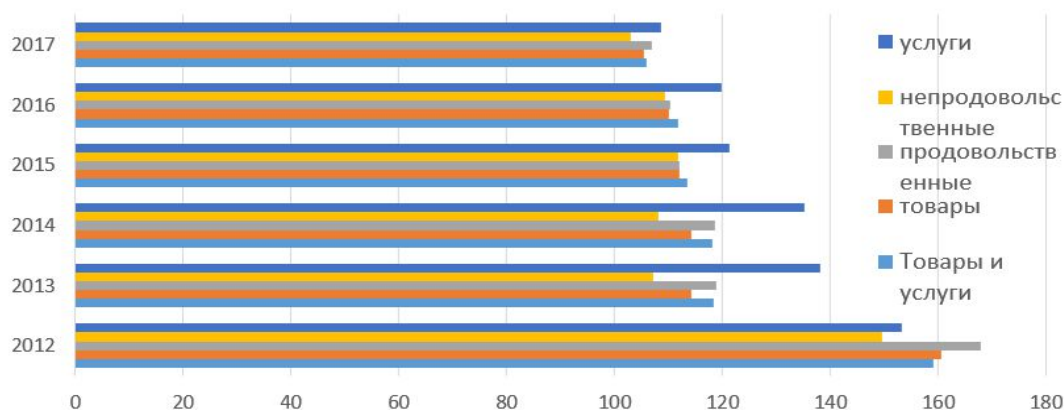


Рис. 1. Динамика индекса потребительских цен Республики Беларусь 2012–2017 гг. (в % к предыдущему году)

Рассмотрев рис. 1, можно сказать, что индексы цен по всем годам снижаются. Так как в 2011 г. в Республике Беларусь был кризис, цены очень сильно возросли из-за увеличения отрицательного торгового сальдо (рост цен на энергоресурсы, а также желание граждан покупать товары иностранного производства, что привело к увеличению импорта) и непрекращающейся эмиссии НБ. Поэтому очень сильно выросла инфляция, и для борьбы с ней государство эффективно использует денежно-кредитную политику, с помощью которой можно управлять инфляцией, сдерживать и снижать ее темпы роста.

Для анализа влияния инфляции на экономическое состояние страны необходимо сравнить темпы инфляции и роста ВВП. На протяжении последнего десятилетия темпы инфляции в стране, в основном, превышали темпы роста ВВП, что отрицательно влияло на качество экономического роста и являлось источником рисков макроэкономической нестабильности. По мнению многих экспертов, правительству необходимо сделать выбор: либо поддержание высоких темпов экономического роста и увеличение инфляционного потенциала, либо сдерживание инфляции и очень умеренный экономический рост [4].



Рис. 2. Динамика ВВП Республики Беларусь 2012–2016 гг.

Рассмотрев рис. 2, можно сказать, что ВВП в Республике Беларусь растет «в текущих ценах» и «на душу населения», но «в сопоставимых ценах» с 2015 г. объем ВВП падает. Падение ВВП в 2015 г. не говорит, что Беларусь стала меньше выпускать и худшего качества товаров и услуг, причиной стало падение цены на нефть. Так как Россия импортирует нам нефть по льготным ценам, а мы потом в свою очередь производим из нее нефтепродукты по достаточно высоким ценам (так как нефть высокого качества). Из этого следует, что из-за снижения цены на нефть мы получаем намного меньше дохода от продажи нефтепродуктов, поэтому ВВП и снизился (по сравнению с предыдущим годом). А рост ВВП характеризует рост объема выпуска товаров и услуг, и лидирующее место среди всех заняла пищевая отрасль: мясо-молочная продукция. Наши отечественные производители стараются производить чистую экологическую, высококачественную и соответствующую европейским стандартам продукцию, и находят для сбыта для пищевой продукции новые рынки.

Основные социально-экономические последствия инфляции сводятся к следующему:

- 1) снижение реальных доходов населения;
- 2) перераспределение доходов и богатства;
- 3) снижение интереса к долгосрочным целям;
- 4) обесценение денежных сбережений;
- 5) ухудшение управляемости экономики [5, с. 33].

Денежно-кредитная политика сохранит стратегическую направленность на обеспечение ценовой стабильности как основу устойчивого и сбалансированного развития экономики Республики Беларусь. Основной целью денежной-кредитной политики в 2018 г. станет ограничение инфляции, измеряемой индексом потребительских цен, в размере не более шести процентов (декабрь 2018 г. к декабрю 2017 г.) [6].

Временному или первоначальному успеху антиинфляционных действий помогают следующие условия:

- помощь международных финансовых организаций или наличие договоренности о реструктуризации существующего долга с кредиторами;
- равномерное распределение среди всех общественных слоев социально-экономических издержек, связанных с проводимой антиинфляционной политикой;
- доверие населения к правительству, готовность поддержать его антиинфляционные меры;
- обеспечение частичной компенсации потерь наиболее низкооплачиваемым слоям населения (не допустить крупных социально-политических потрясений);
- алгоритм использования набора конкретных антиинфляционных мер, чтобы не ущемить интересы слишком многих важных социально-профессиональных групп одновременно;
- умение исполнительной власти «договориться» со всеми общественными организациями в стране (профсоюзы, политические партии, армия, предпринимательские союзы) о поддержке его экономической политики;
- психологический настрой экономически активного населения должен быть связан с желанием покончить с инфляцией.

Для Республики Беларусь условием, закрепляющим победу над инфляцией, и гарантом длительного, стабильного и поступательного развития экономики является оптимизация структуры фактически используемой в стране денежной массы (т. е. оптимизация соотношения наличных денег и депозитов) как в национальной, так и в иностранной валюте [7].

Литература

1. Инфляция по годам. – Режим доступа: <https://www.statbureau.org/ru/belarus/inflation-charts-yearly>. – Дата доступа: 12.03.18.
2. Белотелова, Н. П. Деньги. Кредит. Банки : учебник / Н. П. Белотелова, Ж. С. Белотелова. – 4-е изд. – М. : Дашков и К, 2013. – 33 с.
3. Состояние экономики Республики Беларусь в 2017 году. – Режим доступа: <http://naviny.by/article/20170123/1485149942-kakie-shoki-mogut-bolno-udarit-po-belarusi-v-2017-godu>. – Дата доступа: 12.03.18.
4. Бюллетень банковской статистики, № 12 (162) / Национальный банк Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.nbrb.by/statistics/bulletin/>. – 2013. – Дата доступа : 12.03.2018.
5. Информация о динамике изменения потребительских цен и тарифов. – Режим доступа: <https://www.nbrb.by/>. – Дата доступа: 12.03.18.
6. Основные направления денежно-кредитной политики Республики Беларусь на 2018 год. – Режим доступа: <https://www.nbrb.by/>. – Дата доступа: 12.03.18.
7. Антиинфляционная стратегия правительства. – Режим доступа: <http://www.nalog.gov.by/uploads/documents/bonus-NB-35-18-09-2015.pdf>. – Дата доступа: 12.03.18.

ЭЛЕКТРОННО-ЦИФРОВАЯ ПОДПИСЬ**В. А. Шиворонкова, Д. А. Кондратьева**

*Учреждение образования «Белорусский торгово-экономический университет
потребительской кооперации», г. Гомель*

Научный руководитель С. В. Кравченко

Электронная подпись (ЭП), электронная цифровая подпись (ЭЦП), цифровая подпись (ЦП) – реквизит электронного документа, полученный в результате криптографического преобразования информации с использованием закрытого ключа подписи и позволяющий проверить отсутствие искажения информации в электронном документе с момента формирования подписи (целостность), принадлежность подписи владельцу сертификата ключа подписи (авторство), а в случае успешной проверки подтвердить факт подписания электронного документа (неотказуемость).

Использование ЭЦП в Беларуси регламентировано Законом от 28.12.2009 г. № 113-З. ЭЦП дает право полноценно подписывать электронные документы и обращения, подаваемые в Министерство по налогам и сборам (например, электронные декларации), таможенные органы, фонды соцзащиты населения, «Белгосстрах», «Белстат» и др.

Электронный документооборот обеспечивает с технической стороны Национальный центр электронных услуг. Получить сертификат открытого ключа можно в его подразделении – Республиканском удостоверяющем центре государственной системы управления открытыми ключами (Минск, проспект Машерова, 25).

Индивидуальные предприниматели, желающие подавать декларации в налоговую службу дистанционно, должны заказать ЭЦП в Удостоверяющем центре РУП «Информационно-издательский центр по налогам и сборам». Сведения о нем доступны на сайте <http://www.pki.by/>. Сейчас работают четыре филиала в Минске; также заказать ЭЦП для подписи электронной декларации можно в Бресте, Гродно, Гомеле, Могилеве, Витебске, Борисове, Слуцке, Пинске, Барановичах, Полоцке, Лиде, Мозыре, Бобруйске.

Удостоверяющий центр Министерства финансов работает в системе названного министерства и также выпускает сертификаты и ключи.

Электронная цифровая подпись используется в системе электронного документооборота между организациями по государственной регистрации недвижимого имущества, прав на него и сделок с ним и внешних пользователей.

Государственное регулирование в сфере обращения электронных документов и электронной цифровой подписи осуществляется Президентом Республики Беларусь, Советом Министров Республики Беларусь, Национальным банком Республики Беларусь, Оперативно-аналитическим центром при Президенте Республики Беларусь, органами и учреждениями Государственной архивной службы Республики Беларусь, иными государственными органами и другими государственными организациями в пределах их компетенции и в порядке, предусмотренном настоящим Законом и иными актами законодательства Республики Беларусь.

Электронная цифровая подпись предназначена для:

– удостоверения информации, составляющей общую часть электронного документа;

– подтверждения целостности и подлинности электронного документа.

Удостоверение информации, составляющей общую часть электронного документа, осуществляется путем применения сертифицированных средств ЭЦП с использованием личных ключей лиц, подписывающих электронный документ.

Подтверждение целостности и подлинности электронного документа осуществляется путем применения сертифицированных средств ЭЦП с использованием открытых ключей лиц, подписавших электронный документ.

Электронная цифровая подпись является аналогом собственноручной подписи и может применяться как аналог оттиска печати или штампа.

Совокупность процедур, методов, программных, программно-технических и технических средств, относящихся к практическому применению ЭЦП, образует технологию электронной цифровой подписи. Требования к технологии ЭЦП устанавливаются техническими нормативными правовыми актами.

Владельцем личного ключа являются организация или физическое лицо, осуществившие выработку личного ключа с использованием сертифицированного средства ЭЦП.

Владелец личного ключа обязан:

– хранить в тайне личный ключ;

– обеспечивать защиту личного ключа от случайного уничтожения или модификации (изменения);

– не использовать личный ключ, если соответствующий ему открытый ключ отозван или срок действия этого открытого ключа истек;

– отозвать открытый ключ в случае, если тайна соответствующего ему личного ключа нарушена.

В случае неисполнения владельцем личного ключа обязанностей на него возлагается возмещение причиненного вследствие этого вреда.

Открытый ключ вырабатывается на базе личного ключа с использованием сертифицированного средства ЭЦП.

Владельцем открытого ключа являются организация или физическое лицо, являющиеся владельцем личного ключа, на базе которого выработан этот открытый ключ.

Принадлежность открытого ключа владельцу личного ключа удостоверяется путем постановки на карточке открытого ключа собственноручной подписи представителя и оттиска печати владельца личного ключа, являющегося организацией, или собственноручной подписи владельца личного ключа, являющегося физическим лицом.

Сертификат открытого ключа подписывается ЭЦП поставщика услуг, издавшего этот сертификат открытого ключа.

Карточка открытого ключа и сертификат открытого ключа должны содержать:

- значение открытого ключа;
- информацию, однозначно идентифицирующую организацию или физическое лицо, являющиеся владельцем открытого ключа;
- информацию о сроке действия открытого ключа.

В карточке открытого ключа и сертификате открытого ключа может содержаться и иная информация.

Форматы карточки открытого ключа и сертификата открытого ключа устанавливаются техническими нормативными правовыми актами.

Пользователем открытого ключа являются организация или физическое лицо, которым владельцем открытого ключа или уполномоченным им лицом предоставляется открытый ключ для проверки ЭЦП.

Распространение открытого ключа осуществляется в целях обеспечения получения всеми заинтересованными организациями и физическими лицами открытого ключа, который требуется для проверки ЭЦП.

Открытый ключ распространяется владельцем личного ключа или уполномоченным им лицом.

Распространение открытого ключа должно осуществляться способом, обеспечивающим возможность доказательства принадлежности открытого ключа его владельцу.

Оказание услуг по распространению открытых ключей осуществляется организациями, в том числе поставщиками услуг, и индивидуальными предпринимателями на основании специального разрешения (лицензии), если его получение предусмотрено законодательством Республики Беларусь о лицензировании.

Владелец открытого ключа имеет право отозвать открытый ключ. Владелец открытого ключа должен осуществить отзыв открытого ключа способом, позволяющим пользователям этого открытого ключа получить информацию о его отзыве.

Поставщики услуг независимо от формы собственности могут быть аккредитованы в Государственной системе управления открытыми ключами в порядке.

Государственная система управления открытыми ключами предназначена для обеспечения возможности получения всеми заинтересованными организациями и физическими лицами информации об открытых ключах и их владельцах в Республике Беларусь и представляет собой систему взаимосвязанных и аккредитованных в ней поставщиков услуг.

Основными функциями Государственной системы управления открытыми ключами являются:

- регистрация владельцев личных ключей;
- издание, распространение и хранение сертификатов открытых ключей и списков отозванных сертификатов открытых ключей;
- создание и сопровождение баз данных действующих и отозванных сертификатов открытых ключей;
- внесение сертификатов открытых ключей в базу данных действующих сертификатов открытых ключей;
- обеспечение доступности баз данных действующих и отозванных сертификатов открытых ключей;
- отзыв сертификатов открытых ключей;
- достоверное подтверждение принадлежности открытого ключа определенной организации или физическому лицу;
- хранение карточек открытых ключей.

Порядок функционирования Государственной системы управления открытыми ключами определяется положением о ней, утверждаемым совместным постановлением Совета Министров Республики Беларусь и Национального банка Республики Беларусь, если иное не предусмотрено Президентом Республики Беларусь.

Иностраный сертификат открытого ключа, соответствующий требованиям законодательства иностранного государства, в котором этот сертификат издан, признается на территории Республики Беларусь в случаях и порядке, определенных международным договором Республики Беларусь, предусматривающим взаимное признание сертификатов открытых ключей или другой способ придания юридической силы иностранным электронным документам.

Сертификат открытого ключа, изданный поставщиком услуг иностранного государства, аккредитованным в Государственной системе управления открытыми ключами, признается на территории Республики Беларусь.

УНИВЕРСИТЕТ КАК ОСНОВА ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ЭКОНОМИКИ

В. Н. Шкода

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель М. Н. Андриянчикова

«Высшее образование не должно быть массовым в отрицательном смысле этого слова, необходимо, чтобы оно оставалось элитарным», – убежден Александр Лукашенко.

Что значит элитарным? Должен быть высокий уровень подготовленности абитуриентов. О чем сейчас в Беларуси говорить рано, ведь в последние годы стать студентом можно, набрав на ЦТ самый минимальный балл.

Уже несколько лет подряд прослеживается нехватка студентов в белорусские вузы. А из года в год требования для поступающих смягчаются: снижаются минимальные баллы для участия в конкурсе, вводятся дополнительные наборы на некоторые специальности.

Почему же это происходит?

Безусловно, на это повлияла демографическая ситуация в Беларуси. Если проанализировать рождаемость за последние 17 лет, то все станет понятно. В период с 2000 по 2005 г. наблюдался спад рождаемости в республике. А это значит, что в настоящее время и в недалеком будущем сократится количество выпускников школ, которые являются потенциальными студентами на ближайшие пять лет.

Демографическая ситуация стала причиной значительного сокращения набора в вузы. Ведь в обществе все процессы взаимосвязаны. Демографические процессы развиваются под воздействием других социальных процессов: экономических, политических и прочих. В свою очередь и демографические процессы оказывают влияние на ход всех других общественных процессов. Так, снижение уровня рождаемости ведет к уменьшению процента поступающих в ВУЗы.

Если в 2009 г. на начало года в Беларуси было 430 тыс. студентов, то на начало 2017/2018 учебного года – уже 284,3 тыс.

Любопытно, что снижается количество первокурсников, обучающихся за счет бюджета – если в 2010 г. их было 149,6, то в 2017 – 121,2 тыс. (рис. 1) [1].

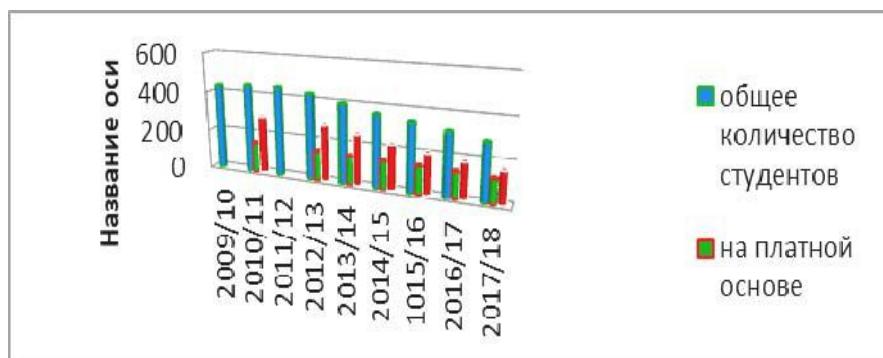


Рис. 1. Численность студентов за 2009–2017 гг.

Количество абитуриентов сокращается год от года, и этот процесс будет продолжаться. С одной стороны, он связан с демографической ситуацией, а с другой, с тем, что абитуриенты уезжают на учебу в другие страны. Ежегодно учиться за границу уезжает вдвое больше студентов, чем приезжает в Беларусь. Поступление в вузы других государств оказывается проще для белорусских абитуриентов.

Большинство белорусских студентов – более 30 тыс., получают образование в России. Это объясняется, в первую очередь, географической и языковой близостью. Массовый выезд белорусских студентов на учебу в Россию во многом связан с тем, что с 2008 г. эта страна активно продвигает свои образовательные услуги и ежегодно предоставляет 15 тыс. бюджетных мест для иностранных студентов. Также белорусские студенты учатся в Литве, Польше, Украине.

На 10 тыс. населения Беларуси приходится 37 студентов, обучающихся за рубежом. Для сравнения: в России – 3,4, в Украине – 9,3, в Молдове – 38, Литве – 42, Туркменистане – 52 (рис. 2) [1].

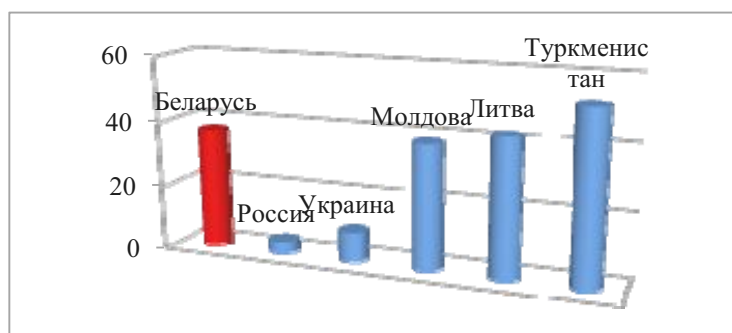


Рис. 2. Количество студентов, обучающихся за рубежом (на 10 тыс. населения)

Количество же иностранных студентов, обучающихся в нашей республике, вырастает из года в год.

Сейчас в белорусских вузах занимается 14 595 студентов из 107 стран, что составляет более 5,14 % от общего числа обучающихся в вузах. Так, в 2009 г. было всего 2,17 % (рис. 3) [1].

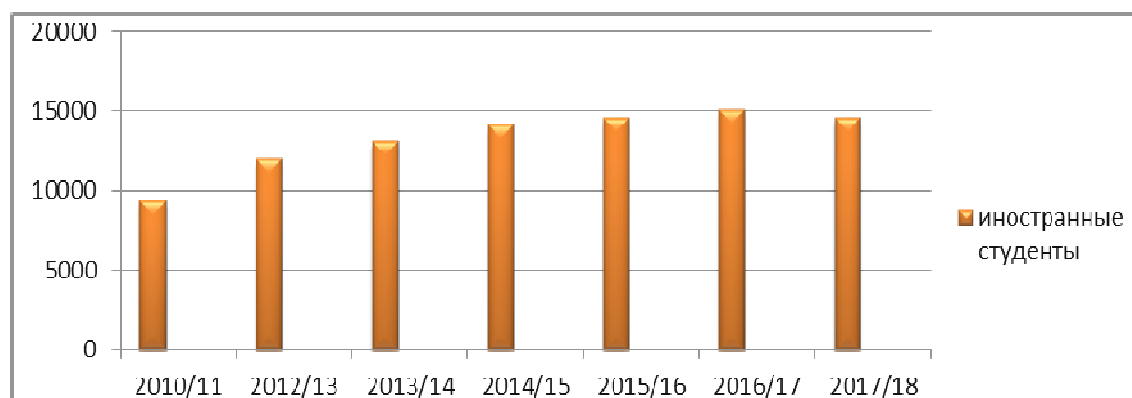


Рис. 3. Количество иностранных студентов в Республике Беларусь за 2010–2017 гг.

Из каких же государств приезжают учиться в нашу республику? В основном это молодежь из Туркменистана, России, Китая, Азербайджана, Ирана, Таджикистана, Украины, стран Латинской Америки и Африки. Это выгодно нашей стране, так как в среднем каждый студент-иностранец тратит ежегодно около 10 тыс. долл.

Для изучения спроса на белорусское образование было проведено микроисследование. Для чего была определена генеральная выборка, в которую вошли иностранные студенты высших учебных заведений г. Гомель. Это были граждане таких стран, как Туркменистан, Узбекистан, Нигерия, Украина.

Микроисследование затронуло следующие направления:

1. Причины поступления иностранных студентов в Республику Беларусь.
2. Сложность обучения в университете.
3. Отношение иностранных студентов к качеству предоставляемого образования.
4. Профессиональные планы иностранных студентов после окончания университета.

Данные исследования представлены на рис. 4–7.



Рис. 4. Причины поступления

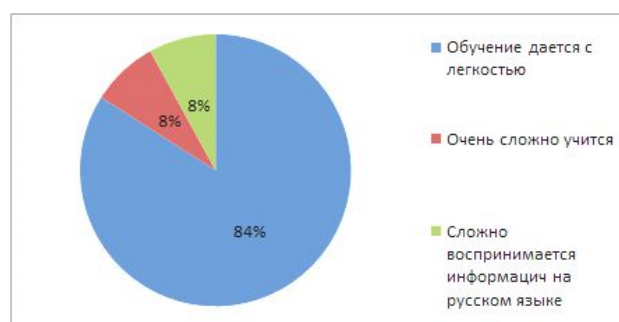


Рис. 5. Сложность обучения в Республике Беларусь

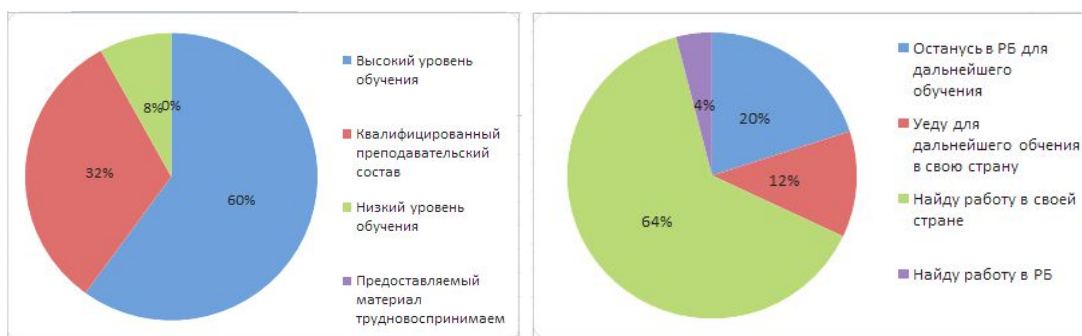


Рис. 6. Отношение иностранных студентов к качеству предоставляемого образования

Рис. 7. Профессиональные планы после обучения

Из предоставленных данных мы видим, что главными причинами поступления в нашу республику является низкая стоимость обучения и высокий уровень образования.

Иностранцам обучение в Республике Беларусь дается с легкостью. Также они выделяют высокий уровень образования и квалифицированный преподавательский состав.

Дальнейшие планы у большинства студентов – найти работу в своей стране и продолжить обучение в Республике Беларусь

Таким образом, прослеживается прямая связь таких направлений, как экономика, образование, демография. Наша страна подготавливает высококвалифицированных специалистов, имеет высокий уровень образования, тем самым привлекая своей качественностью, доступностью иностранных граждан.

Литература

1. Статистический ежегодник Республики Беларусь – Минск : Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2017. – 506 с.

ДЕМОВОСПРОИЗВОДСТВО И ДЕЛОВАЯ АКТИВНОСТЬ ДОМОХОЗЯЙСТВ ГОМЕЛЬСКОГО РЕГИОНА

А. П. Равковская

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научные руководители: А. М. Бондарева, О. В. Телегина

Разработка мер региональной экономической политики, стимулирующей деловую активность, предполагает знание региональных особенностей формирования человеческого капитала, и прежде всего – особенностей демовоспроизводства домохозяйств.

В экономике Беларуси проявляются общеевропейские тенденции – депопуляция и старение населения, которые имеют специфику в Гомельском регионе. По численности населения в 2017 г. Гомельский регион занимает четвертое место в республике после г. Минска, Минской и Брестской областей, в то время как в 2005 г. уступал по этому показателю только г. Минску. В отличие от положительной динамики основных демовоспроизводственных индикаторов в национальной экономике, в нашем регионе за анализируемый период наблюдалась противоречивая динамика

данных показателей. Так, общий коэффициент рождаемости был выше на 0,3 промилле, чем в целом по стране, однако коэффициент смертности выше на 0,7 промилле, ожидаемая продолжительность жизни при рождении на 0,9 года ниже, прирост населения не наблюдался.

**Основные показатели демографического развития Гомельского региона
за 2010–2017 гг.**

Показатель	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Численность населения (на начало года), тыс. человек, в том числе в возрасте:	1 439	1 435	1 430	1 428	1 426	1 424	1 423	1 421
моложе								
трудоспособного	237	237	237	241	245	249	253	257
трудоспособном	880	873	863	852	841	829	817	804
старше трудоспособного	322	325	330	335	340	346	353	360
Общий коэффициент рождаемости, промилле	11,6	11,6	12,5	12,8	12,8	13	12,9	11,3
Общий коэффициент смертности, промилле	15,1	15	14,1	13,8	13,6	13,2	13,1	13
Естественный прирост, убыль (–) населения, человек	–5 046	–4 825	–2 318	–1 408	–1 115	–307	–223	–2416
Общий коэффициент брачности, промилле	8,0	9,3	7,9	9,7	9,1	9,0	6,5	6,9
Общий коэффициент разводимости, промилле	3,9	4,2	4,3	3,9	3,8	3,6	3,5	3,2
Ожидаемая продолжительность жизни при рождении, лет								
мужчины	63,6	63,8	63,9	65,6	66,5	66,9	67,7	68,2
женщины	75,9	75,9	76,1	77,1	77,4	77,9	78,3	78,5
Миграционный прирост, убыль (–) населения, человек	712	–442	249	–693	–458	–716	–2 062	–2 491

Источник: самостоятельная разработка на основе [2], [4], [5].

По приведенным данным, в Гомельском регионе число лиц старше трудоспособного возраста неуклонно увеличивается и составляет на начало 2017 г. 359,5 тыс. человек; число детей стабилизировалось и даже несколько увеличилось и составляет 257,0 тыс. человек, численность лиц в трудоспособном возрасте неуклонно уменьшается и составляет 804,2 тыс. человек. В 2017 г. удельный вес населения моложе трудоспособного возраста – 18,1 % (по Республике Беларусь – 17,6 %), в трудоспособном возрасте – 56,6 % (по Республике Беларусь – 57,1 %), старше трудоспособного возраста – 25,3 % (по Республике Беларусь – 25,3 %). Описанная динамика указывает в том числе на рост коэффициента демографической нагрузки в Гомельском

регионе большими темпами, чем по стране в целом, хотя в абсолютных цифрах (2017 г. – 767 лиц нетрудоспособного возраста приходится на 1000 трудоспособного возраста) регион занимает пятое место по стране.

По показателю удельного веса городского населения (77,1 %) Гомельский регион делит третье место с Витебской областью, уступая г. Минску и Могилевской области. В целом процессы урбанизации региона повторяют динамику остальных областей: за анализируемый период численность горожан увеличилась примерно на 7 %. Соотношение численности мужчин и женщин в регионе традиционно для национальной экономики в целом и в удельных весах распределяется как 53 к 47 % [5]. Отметим несколько худшие, чем в целом по национальной экономике, показатели общих коэффициентов брачности и разводимости, что определенным образом характеризует особенности формирования семьи и семейных отношений в Гомельском регионе. Интересные миграционные тенденции происходят в Гомельском регионе. В 2016 г. в другие регионы страны выехало 3 096 человек и въехало из-за рубежа 1 034 человека, так что Гомельщина выступает поставщиком человеческого капитала для других регионов и реципиентом иностранной рабочей силы.

Уровень предпринимательской активности является не только одним из факторов регионального экономического развития, но и показателем вовлеченности человеческого капитала домохозяйств в экономическую деятельность. Для оценки предпринимательской активности региона воспользуемся показателем выручки от реализации продукции, товаров, услуг, работ на душу населения (рис. 1) сектора малого и среднего предпринимательства (МСП), куда включают средние, малые и микроорганизации, а также индивидуальных предпринимателей.

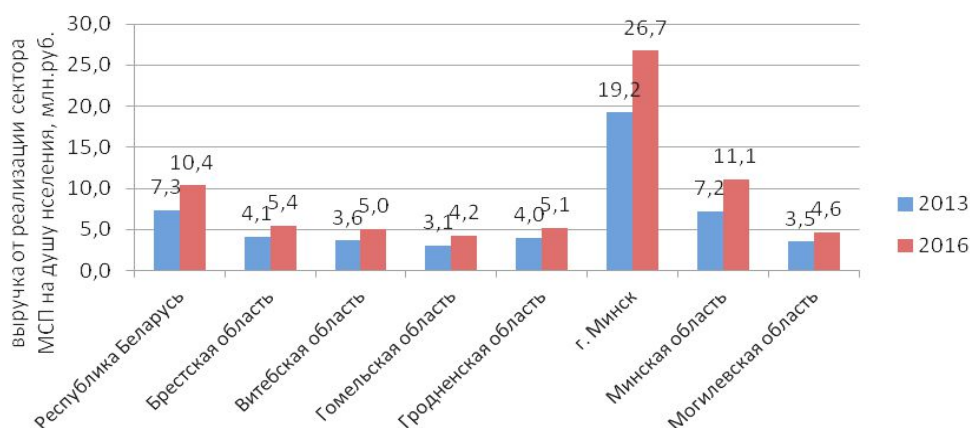


Рис. 1. Выручка от реализации средних, малых и микроорганизаций, индивидуальных предпринимателей на душу населения по регионам Беларуси в 2013–2016 гг.

(данные за 2013 г. деинфлярованы для их сопоставимости по годам)

Примечание: самостоятельная разработка на основе [3], [5].

Наибольшую предпринимательскую активность в 2013 и 2016 гг. демонстрируют г. Минск и Минская область. Причем показатели по г. Минск сильно дифференцированы, т. е. их разрыв со среднереспубликанскими показателями составляет примерно 2,5–3 раза, что говорит о крайне неравномерном экономическом развитии столицы в сравнении с другими регионами Беларуси. Остальные регионы по анализируемому показателю дифференцированы незначительно, т. е. проявление пред-

принимательской активности по показателю выручки от реализации на душу населения достаточно равномерное. Наименьшей предпринимательской активностью при этом как в 2013, так и в 2016 г. характеризуется Гомельская область. Невысокая активность также наблюдается у Могилевской и Витебской областей.

Сектор малого и среднего бизнеса в мировой практике показал себя как успешный абсорбент незанятой рабочей силы. Сопоставление данных по зарегистрированному уровню безработицы регионов Беларуси подтвердил данную тенденцию (рис. 2). Самые высокие в республике уровни безработицы демонстрируют Витебская, Могилевская, Гомельская области, в которых, как было отмечено выше, самый низкий уровень предпринимательской активности.

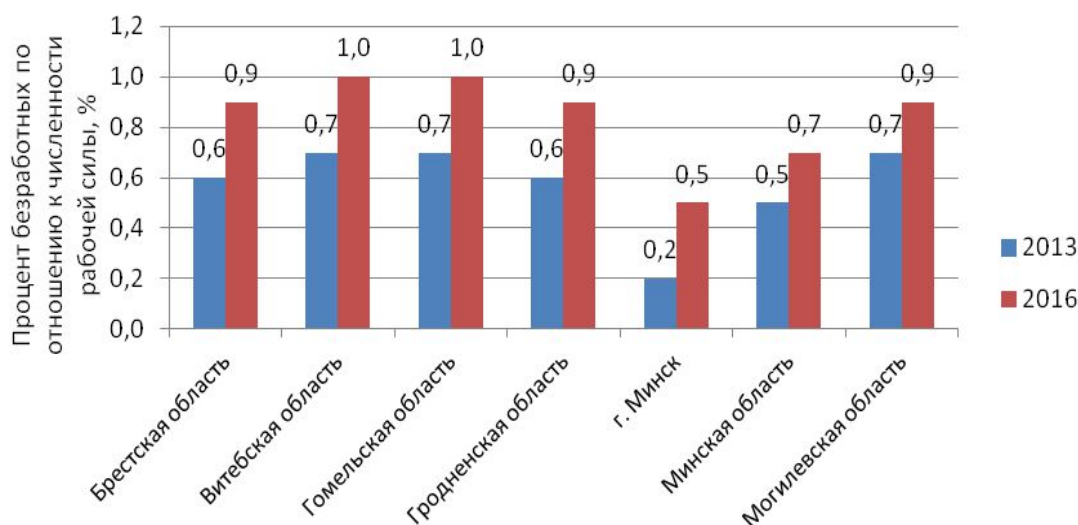


Рис. 2. Уровень зарегистрированной безработицы регионов Беларуси в 2013–2016 гг.

Примечание: самостоятельная разработка на основе [5].

Таким образом, домохозяйства Гомельского региона характеризуются специфическими чертами демовоспроизводства и деловой активности. Так, для Гомельского региона характерна самая низкая предпринимательская активность, измеренная показателем выручки от реализации сектора малого и среднего предпринимательства на душу населения. Это, наряду с более высоким уровнем безработицы, снижает способность экономики региона эффективно поглощать незанятую рабочую силу и, соответственно, увеличивать реальные доходы населения. Тенденция старения населения делает обязательным планирование роста расходов на пенсионное обеспечение пожилых людей, создание системы занятости пожилых, изменение структуры потребления, изменение законодательно установленного трудоспособного возраста [1]. Принятие во внимание особенных миграционных тенденций подразумевает разработку программ миграции и их финансирование. Учет обозначенных черт и тенденций обязателен при выработке стратегических планов регулирования национальной экономики.

Литература

1. Бондарева, А. М. Человеческий капитал в Беларуси: характерные черты и особенности развития / А. М. Бондарева // Изв. ГГУ им. Ф. Скорины. – № 5 (92). – 2015. – С. 148–152.
2. Демографический ежегодник Республики Беларусь : стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск, 2017. – 442 с.
3. Малое и среднее предпринимательство в Республике Беларусь, 2017 : стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск, 2017. – 197 с.
4. Национальный статистический комитет. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by>.
5. Регионы Республики Беларусь, 2017, т. 1 : стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск, 2017. – 786 с.

СЕКЦИЯ VI ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Т. А. Авраменко, А. С. Стасенко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Н. В. Ермалинская

Разработка и внедрение энергосберегающих экологически чистых технологий, обеспечивающих снижение стоимости энергии, – одна из важнейших задач, ориентированных на создание благоприятных условий для развития бизнеса в разных отраслях промышленности.

На сегодняшний день среди наиболее значимых инновационных разработок в энергетике можно выделить следующие [8]:

– технология фрекинга с использованием ударной волны в нефтегазовой промышленности. Суть технологии в возможности образования разрывов в сланцевых пластах на глубине от 1000 до 1500 метров без использования воды, что повышает уровень экономичности и экологичности проведения данных работ. Практическим внедрением данной разработки занимается индийская компания SWTPL (Super Wave Technology);

– технология добычи нефти на основе третичных методов извлечения оставшихся запасов из пласта путем нагнетания углекислого газа в скважину для снижения вязкости и повышения скорости потока нефти. Данный метод позволяет дополнительно извлечь 60 млрд баррелей нефти только на территории США. Также сибирскими учеными представлена технология термогазохимического разрыва пласта, способствующая росту объемов добычи нефти до 6 раз по сравнению с существующим уровнем;

– использование бактерий для устранения разливов нефти. Данная инновация базируется на применении бактерий (*Oleispira antartica*, *Alcanivorax borkumensis*), способных окислять нефть и безопасно удалять нефтяные разливы на море, что способствует сохранению живого мира и обеспечивает сокращение расходов на очистку морей традиционными способами;

– применение биотоплива (этанол, биодизель) для автомобилей, получаемого из клеток растений и животных. Использование такого топлива будет экономически целесообразным только при условии достижения цены на нефть 70 долл. за баррель. Однако учеными из Техасского университета в Остине представлен новый дрожжевой штамм, который позволит производить более дешевое биотопливо [1], [9]. В США на дорогах курсирует более 6 млн автомобилей, для которых на заправках реализуется специальная смесь E85, состоящая из 85 % биоэтанола и 15 % бензина. В странах Европы это соотношение составляет 10 к 90 %, а в Бразилии – 20 к 80 %. В Швеции смесь биоэтанола с бензином должна быть в обязательном порядке на крупных автозаправках, а автомобили, работающие на этом топливе, имеют соответствующие льготы.

Помимо перечисленных инноваций, активно разрабатываются технологии в области солнечной, волновой и ветроэнергетики, энергетики геотермальных вод и др. [5], [7]. Международный уровень развития позволил получить следующие новинки:

– *тепловые насосы* для отопления, которые значительно экономичнее и экологичнее (например, газовых котельных) [3]. Чтобы передать в систему отопления 1 ккал · ч тепловой энергии, теплонасосная станция (ТНС) тратит всего 0,2–0,35 кВт · ч электроэнергии. По прогнозам Мирового энергетического комитета (МИРЭК), к 2020 г. 75 % теплоснабжения в развитых странах будет осуществляться именно с помощью тепловых насосов. На сегодняшний день в мире уже работает более 30 млн тепловых насосов различной мощности. В США ими оборудовано более 30 % жилых зданий, в Швеции за последние годы введены в действие более 100 ТНС, в Японии ежегодно продается 3 млн насосов, что в 3 раза превышает объемы продаж в США. Благодаря Швейцарской национальной программе энергосбережения за три последних года в стране увеличено производство тепла на основе тепловых насосов до 2250 Гкал · ч;

– *светодиодные лампы*. В сравнении с люминесцентными лампами и светильниками светодиодные варианты более практичны и экономичны, они обладают длительным эксплуатационным сроком, что очень важно для массового потребителя [6];

– *осмотические электростанции*. Мировой резерв энергии осмоса огромен – ежегодный сброс пресных речных вод составляет более 3700 км³ [11]. Если удастся использовать только 10 % этого объема, то можно вырабатывать более 1,5 ТВт · ч электрической энергии, что составляет около 50 % европейского потребления.

Прорабатываются варианты строительства осмотической станции с использованием морской соленой воды. Если в один сосуд с перегородкой разместить пресную и соленую воду, то разница давлений заставит заработать процесс осмоса. Данная инновация позволяет избежать привязки строительства гидроэлектростанций к устьям рек, так как их можно будет размещать прямо в акваториях океанов.

По оценке специалистов [11], при солености морской воды 35 г/л за счет явления осмоса создается перепад давления 2 389 464 Паскаля или 24 атмосферы, что эквивалентно плотине высотой 240 м. Экономическая целесообразность использования таких станций возможна при съеме мощности более 5 Вт/м² мембран.

Работая с материалами на основе углеродных нанотрубок, ученые из исследовательского центра Франции получили эффективность отбора энергии осмоса около 4 кВт/м². Такие параметры превышают эффективность использования практически всех традиционных источников энергии.

Еще лучшими характеристиками обладают графеновые пленки. Мембрана, толщиной в один атомный слой, становится полностью проницаема для молекул воды, задерживая при этом любые другие примеси. Эффективность такого материала может превышать 10 кВт/м². Разработкой таких мембран занимаются Япония и Америка.

На сегодняшний день прорабатываются и иные инновационные технологии [1], [2]: установки для нагрева жидкости – вихревые теплогенераторы; «холодный ядерный синтез»; магнитомеханические усилители мощности, индукционные нагреватели, двигатели без выброса массы, сжиженные углеводородные газы для теплоэнергетических установок; плазменные генераторы электроэнергии; напряженные замкнутые контуры; энергоустановки на основе динамической сверхпроводимости; атмосферная электроэнергетика (на основе захвата энергии молний) и пр.

Альтернативная энергетика в Республике Беларусь развивается по принципу адаптации уже предложенных инновационных технологий [4]. Приоритетными задачами становятся: снижение зависимости от импортируемого сырья и улучшение экономических показателей энергопотребления.

В современных условиях правительства различных стран инвестируют огромные средства в научные исследования и инновационные разработки в области энергетики.

Например, в Германии – это около 2,88 % ВВП, в США – 2,79 %, в Японии – 3,28 %. Республика Беларусь тратит на эти цели значительно меньше – 0,52 % ВВП [10].

В целом можно выделить два направления развития альтернативной энергетики в Беларуси: 1) эффективное использование уже имеющихся технологий, т. е. строительство зданий с возможностью грамотного расхода электричества и тепла; 2) использование возобновляемых источников энергии.

Значительное внимание уделяется когенерационным установкам, которые могут работать как на традиционном, так и на альтернативном сырье (биотопливо).

Из всех возобновляемых источников именно биоэнергетика в Беларуси обладает наибольшим потенциалом. В стране развито сельское хозяйство, способное поставлять сырье для когенерационных установок. Биогаз может быть получен и из мусора. Пилотные проекты разных направлений уже работают (четыре биогазовых комплекса и одна станция, работающая на свалочном газе). В будущем планируется массовое получение биогаза и биотоплива. По предварительным оценкам, объем добываемого в стране биогаза может достигнуть 503,7 млн м³ в год [12].

Активно развивается в Беларуси гидроэнергетика. На сегодняшний день в стране действуют ГЭС мощностью 16,1 МВт, тогда как потенциал водных ресурсов достигает 850 МВт. Чтобы эффективно использовать имеющиеся источники, планируется модернизация уже существующих и строительство новых электростанций разной мощности.

Энергия ветра и солнца в Беларуси не так развита, как в других странах, что обуславливается особенностями климата. Однако в настоящее время существуют установки, способные получать энергию рассеянных солнечных лучей в пасмурную погоду.

В заключение следует отметить, что от того, как активно внедряются инновации в энергетике и прочих отраслях экономики, зависит успешное и полноценное развитие условия существования, повышение качества жизни и возможность экономить на ежедневных потребностях. Именно по этим причинам специалисты всего мира каждый день изучают новые разработки и пробуют их в практических условиях, чтобы найти действительно выгодные и полезные инновации.

Л и т е р а т у р а

1. Буранова, М. А. Современное состояние и перспективы развития топливно-энергетического комплекса / М. А. Буранова // Молодой ученый. – 2017. – № 1–3. – С. 60–63.
2. Росс, М. Ю. Биодизельное топливо из водорослей / М. Ю. Росс. – М. : Изд-во ГНУ ВИЭСХ, 2008. – С. 210–213.
3. Быстрицкий, Г. Ф. Общая энергетика : учеб. пособие / Г. Ф. Быстрицкий. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : КНОРУС, 2010. – С. 156–161.
4. Гибилиско, С. Альтернативная энергетика: путеводитель / С. Гибилиско ; пер. с англ. А. В. Соловьева. – М. : Эксмо, 2010. – С. 310–315.
5. Сидорович, В. Мировая энергетическая революция: Как возобновляемые источники энергии изменят наш мир. — М. : Альпина Паблишер, 2015. — С. 90–93.
6. Достижения современной науки в области энергосбережения : материалы первой международной научно-практической конференции, 4–7 дек. 2013 г., Чебоксары / Рос. гос. аграр. ун-т – МСХА им. К. А. Тимирязева, Чуваш. гос. с.-х. академия, Чуваш. регион. отд-ние «Рос. союза молодых ученых» ; под ред. М. А. Ершова [и др.] – Чебоксары : Пегас, 2013. – С. 181–192.
7. Сибикин, Ю. Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : учеб. пособие / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – М. : КНОРУС, 2010. – С. 9–25.
8. Фортов, В. Е. Энергетика в современном мире / В. Е. Фортов, О. С. Попель. – Долгопрудный Интеллект, 2011. – С. 38–43.
9. Бударгин, О. М. Инновационные технологии в энергетике : сб. ст. / О. М. Бударгин ; под ред. С. П. Мальшенко – Кн. 2.

10. Расходы на НИОКР (в % от ВВП). Данные Всемирного банка за 2015 год – Режим доступа: <https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?end=2015&start=1996>. – Дата доступа: 25.03.2018.
11. Осмотическая электростанция: чистая энергия соленой воды – Режим доступа: <http://www.chekltd.com/node/673>. – Дата доступа: 25.03.2018.
12. Лидеры инноваций «чистой» энергетики. – Режим доступа: https://energobelarus.by/articles/alternativnaya_energetika/lidery_innovatsiy_chistoy_energetiki. – Дата доступа: 26.03.2018.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БЕРЕЖЛИВОГО КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

А. А. Бессмертная

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель С. Е. Астраханцев

Процесс производства влечет за собой образование издержек, денежный эквивалент которых включается в цену произведенного продукта. Бизнес всегда ищет пути сокращения издержек и оптимизации производственных процессов, и в рамках этих поисков в конце прошлого века зародилась концепция бережливого производства [1].

Бережливое производство (от англ. Lean Manufacturing/ Lean Production/ Lean Enterprise) — широкая управленческая концепция, направленная на устранение потерь и оптимизацию бизнес-процессов: от этапа разработки продукта, производства и до взаимодействия с поставщиками и клиентами [2].

Бережливое производство – система простых решений, благодаря которым можно добиться повышения эффективности и снижения издержек [2].

Безусловно, внедрение бережливого производства на каждом конкретном предприятии будет иметь свои особенности, связанные со сложившейся структурой производственных отношений. Вместе с тем существует ряд ключевых шагов, которые необходимо сделать для повышения вероятности успешной реализации бережливого производства на предприятии [3].

Результаты внедрения бережливого производства (по данным Lean Enterprise Institute) [2]:

- сокращение длительности производственного цикла до 90 %;
- снижение дефектов до 90 %;
- ускорение сроков выхода на рынок от 50 до 75 %;
- снижение запасов до 90 %;
- снижение затрат до 75 %;
- оптимизация использования производственных площадей – 10–25 %.

Долгое время считалось, что эффективная работа предприятия предполагает максимально возможную загрузку оборудования, т. е. длительное время работы оборудования после каждой переналадки. Для этого производство строилось таким образом, чтобы количество переналадок было минимальным, а партии запуска, соответственно, крупными [3].

Это вызывало накопление огромного количества товарно-материальных запасов на всех стадиях технологических процессов, что характерно для массового производства [3].

Сегодня в условиях жесткой конкуренции и постоянного реагирования на последствия мирового экономического кризиса, скорость переналадки является одним из ключевых показателей, характеризующих эффективность работы предприятия. Возможности быстрой переналадки позволяют быстро менять модельный ряд и из-

бегать скапливания лишних запасов продукции на складе. Один из первых опытов внедрения системы быстрой переналадки (SMED — Single Minute Exchange of Die) в производственный процесс компании Toyota доказал, что использование этой системы позволяет снизить время переналадки большого 1000-тонного пресса с четырех часов до трех минут [4].

Время переналадки обычно распределено между 4 функциями [3]: подготовка материалов, штампов, приспособлений – 30 %; закрепление и снятие штампов и инструментов – 5 %; центрирование и размещение инструмента – 15 %; пробная обработка и регулировка – 50 %.

Методы для снижения времени переналадки:

1. Разделение внутренних и внешних операций наладки. Определяется, какие элементы относятся к внутренней переналадке, а какие выполняются без остановки оборудования. Например, все приготовления и транспортировка инструментов, приспособлений и материалов к станку и от него могут проводиться при работающем станке. Внутреннюю наладку следует ограничить снятием старого штампа или инструмента и установкой нового. Простым разделением и организацией внешних и внутренних операций время внутренней наладки можно сократить на 30–50 % [5].

2. Преобразование внутренних действий во внешние. Этот метод является самым мощным в системе SMED. Без него одноминутная переналадка была бы невозможна. Проводится анализ собираемых данных (по переналадкам на разные виды изделий) и определяется возможность выполнения элементов внутренней переналадки без остановки оборудования. Например, чтобы избежать затрат времени на внутреннюю наладку и регулировку высоты установки инструмента, действия по установке могут быть стандартизированы с помощью прикрепления блоков или клиньев для меньших штампов [4].

3. Стандартизация функций, а не формы. Стандартизация формы и размеров может значительно снизить время наладки, однако стандартизация формы требует значительных затрат, поскольку все штампы должны подходить для наибольшего применяемого размера, что вызывает ненужные затраты. С другой стороны, стандартизация функции требует только однородности деталей, необходимых для операции наладки. Например, добавление пластины или блока к краю приспособления штампа стандартизирует размеры только этой детали и делает возможным применение одних и тех же зажимных устройств при различных наладках [3].

4. Применение функциональных зажимов или полное устранение крепежа. Наиболее часто используемое крепежное устройство – болт, но его применение порой требует очень большого времени. Например, болт с 15 витками резьбы нужно повернуть 14 раз, прежде чем он будет действительно затянут на последнем обороте. Но на практике нужен лишь последний оборот при затяжке и первый при ослаблении, остальные 13 – потерянные движения. Если назначение болта состоит только в закреплении или освобождении детали, он должен быть такой длины, чтобы затягиваться одним оборотом. Это сделало бы болт функциональным зажимом. Такие зажимы включают в себя U-образные пазы, грушевидные отверстия и внешние зажимы. Резьбовые болты – не единственный способ закрепления изделий. Различные методы закрепления в одно касание, использующие клинья, пальцы и защелки или пружины как захватные приспособления, просто соединяющие две детали, снижают время установки до секунд [5].

5. Использование дополнительных приспособлений. Некоторые из задержек, связанных с регулировками при внутренней наладке, можно устранить путем ис-

пользования стандартных приспособлений. Когда обрабатывается заготовка, закрепленная в одно приспособление, следующая заготовка устанавливается во второе приспособление. Когда обработка первой заготовки закончена, второе приспособление легко ставится на станок для обработки [3].

6. Применение параллельных операций. Операции на формовочных станках для пластмассы или крупных прессах для стального литья обычно предусматривают установочные действия со всех сторон станка – слева и справа, спереди и сзади. Если эти операции выполняет только один рабочий, то много времени и сил затрачивается на ходьбу вокруг станка. Но когда параллельные операции выполняют одновременно два человека, время наладки обычно снижается более чем вдвое благодаря экономии движений. Например, операция, занимающая у одного рабочего 30 минут, у двух рабочих займет всего 10 минут [6].

7. Устранение регулировок. Обычно регулировки и пробный запуск занимают 50–70 % времени внутренней наладки. Устранение регулировок начинается с осознания того, что установка и регулировка – две разные самостоятельные функции. Например, когда изменяется положение конечного выключателя, проводится установка, а когда этот выключатель испытывается и повторно устанавливается на новое положение, – регулировка. Предположение о неизбежности регулировки ведет к неоправданно длительным действиям внутренней наладки и требует больших навыков и опыта оператора. Однако регулировки можно ликвидировать, если использовать прибор для точного определения правильного положения конечного выключателя. Важность регулировки снижается, если установка становится точнее. Поэтому первый шаг к исключению регулировки – сделать калибровки, которые устранят необходимость полагаться на интуицию [3].

8. Механизация. Хотя замена небольших резцов, приспособлений, штампов и приборов не составляет проблемы, механизация часто существенна для эффективного использования крупных штампов, литейных и прессовых форм. Для удобного закрепления в одно касание можно применить давление воздуха и масла. Однако инвестиции в механизацию следует оценивать очень тщательно. Механизацию следует рассматривать тогда, когда приложены все усилия по улучшению процесса переналадки описанными методами [3].

SMED – это аналитический подход к совершенствованию наладки и переналадки, а механизация – только один из его компонентов. Применение механизации, вполне вероятно, сократит время переналадки вначале, но не избавит от основных причин неэффективности плохо разработанного процесса переналадки. Намного лучше механизировать переналадку после всестороннего ее исправления при помощи методов SMED [3].

Для достижения наилучшего результата на всех этапах внедрения системы SMED рекомендуется проводить «мозговой штурм» проблем. Лидер группы определяет, кто из участников группы и какие предложения будет курировать и реализовывать [3].

Литература

1. Бережливое производство. Примеры на предприятии. – Режим доступа: <http://copdoc.ru/articles/2655.html>. – Дата доступа: 12.03.2018.
2. Бережливое производство. – Режим доступа: <http://www.krconsult.org/service/berejlivoe/>. – Дата доступа: 12.03.2018.
3. Совершенствование производственной системы промышленных предприятий с использованием системы быстрой переналадки. – Режим доступа: http://www.up-pro.ru/library/production_management/lean/ispolzovanie-sistemy-smed.html. – Дата доступа: 12.03.2018.

4. Быстрая переналадка. – Режим доступа: <http://www.vialek.ru/press/articles/672/>. – Дата доступа: 12.03.2018.
5. Синго, С. Изучение производственной системы Тойоты с точки зрения организации производства : пер. с англ. – М. : Ин-т комплекс. стратег. исслед., 2006. – 312 с.
6. Синго, С. Быстрая переналадка: Революционная технология оптимизации производства : пер. с англ. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2006. – 344 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕТАЛЛООБРАБОТКЕ

Д. М. Борzych

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель С. Е. Астраханцев

На сегодняшний день все чаще можно услышать об использовании аддитивных технологий – один из ярких примеров того, как новые разработки и оборудование могут существенно улучшить производство.

Аддитивные технологии (от англ. Additive Manufacturing) – изготовление (построение) физического объекта (детали) методом послойного нанесения (добавления, англ. – «add») материала, в отличие от традиционных методов формирования детали, за счет удаления (subtraction – вычитание) материала из массива заготовки. [1]. Подразумеваются, технологии «трехмерной печати» (3-D printing), которые с каждым годом приобретают все большую популярность.

Суть Additive Manufacturing (AM) может быть проиллюстрирована простым примером (рис. 1).



Рис. 1. Иллюстрация создания готового изделия

Аддитивные технологии преобладают во многих отраслях: медицине, автомобилестроении, изготовлении оснастки, авиастроении, машиностроении, энергетике и т. д. Рассмотрим подробнее металлообрабатывающую промышленность.

Современные аддитивные технологии существенно меняют производственные процессы металлообработки, значительно облегчая и удешевляя их [2].

Например, DMD (Direct Metal Deposition) — это разработанная фирмой POM новая аддитивная технология, которая призвана перевести металлообработку и изготовление оснастки в новое русло. С помощью DMD можно получить нужные изделия из материалов с улучшенными характеристиками за меньшее время и с меньшими затратами, чем это позволяют традиционные технологии [3].

Процесс формообразования детали происходит следующим образом (рис. 2).

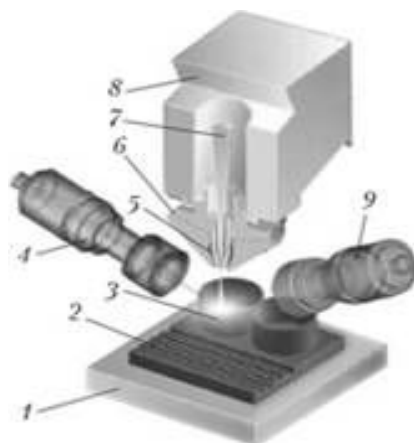


Рис. 2. Схема процесса DMD: 1 – платформа; 2 – подложка; 3 – формирующаяся деталь; 4, 9 – оптическая система (видеокамеры); 5 – сопло вдува инертного газа; 6 – канал подачи порошка; 7 – луч лазера; 8 – фокусирующая оптическая система

Луч лазера фокусируется на заготовку или подложку из инструментальной стали для образования зоны расплавленного металла. Металлический порошок по каналам подводится из подающего лотка с помощью инертного газа в коаксиальное сопло и топкой струей впрыскивается в динамическую область расплава для наращивания объема. Лазер перемещается по траекториям движения инструмента, созданным по САD-файлам, экспортированным в систему САМ, и плавит металлический порошок. Программное обеспечение использует оптические системы и обратную связь для контроля зоны плавления в процессе нанесения металла. Расплавленный металл быстро остывает и отвердевает, что приводит к построчному, а затем послойному «выращиванию» детали. На выходе получают детали высокой прочности, имеющие однородную микроструктуру [1].

Таким образом, применение аддитивных технологий обеспечивает:

- изготовление сложнопрофильных и уникальных деталей без использования механических обрабатывающих станков и дорогостоящей оснастки;
- повышение рентабельности производства малой серии и эксклюзивных вариантов;
- возможность создания комплексных, интегрированных деталей за один технологический цикл;
- отсутствие в деталях литейных дефектов и напряжений;
- устранение влияния «человеческого» фактора при изготовлении деталей: построение детали проводится в полностью автоматическом режиме;
- снижение веса деталей за счет уменьшения толщины стенок;
- управление физико-механическими свойствами создаваемого изделия.

Таким образом, степень использования АМ-технологий в материальном производстве является верным индикатором реальной индустриальной мощи государства, индикатором его инновационного развития [1].

Л и т е р а т у р а

1. Зленко, М. А. Аддитивные технологии в машиностроении : пособие для инженеров / М. А. Зленко, М. В. Нагайцев, В. М. Довбыш. – М. : ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015.
2. Режим доступа: <https://www.stankom.com/additivnye-tehnologii>.
3. Режим доступа: http://3d.globatek.ru/3d_printing_technologies/dmd_tech.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Н. А. Дорохова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Н. В. Ермалинская

По оценкам специалистов, сегодня Республика Беларусь располагает сырьевой базой невозобновляемых источников энергии (далее – НВИЭ) около 12–20 млн т у. т. в год [1]. В 1994 г., для сравнения, было израсходовано 37,2 млн т у. т. при собственном производстве 5,8 млн т у. т. В 2017 г. потребление топливно-энергетических ресурсов (далее – ТЭР) составило около 25,4 млн т у. т. [2].

Таким образом, собственными природными запасами Беларусь может обеспечить от 15–18 % [3] до 30 % [1] своих потребностей в ТЭР. Недостающее количество топлива и энергии поставляется из России и других стран, на что расходуется 1,7–2,0 млрд долл. в год [3]. В сложившейся ситуации для экономики республики чрезвычайно актуален вопрос поиска собственных экологически чистых источников энергии.

Одним из возобновляемых источников энергии, использование которого можно эффективно развивать при наличии соответствующего уровня технологий, является солнечная энергия. По количеству световой энергии, поступающей на поверхность, Беларусь находится на одном уровне с Германией, Японией, Канадой, где солнечная энергетика развивается очень активно [4].

В качестве наиболее перспективных направлений использования солнечной энергии в природно-климатических условиях Республики Беларусь на базе современных отечественных разработок является подогрев воды в системах отопления и горячего водоснабжения. Практический опыт реализации проектов по применению гелиоводонагревателей показал, что использование солнечных коллекторов эффективно не только в регионах с теплым климатом, но и в районах с низкими температурами и невысокими значениями солнечной радиации [4].

Результаты мониторинга комбинированной системы теплоснабжения дома усадебного типа в ОАО «Александрийское» Могилевской области показали, что современные гелиоколлекторы позволяют полностью обеспечить нужды жильцов в горячей воде на протяжении 7–8 месяцев в году, а в остальное время подогревают воду до 30 °С, существенно снижая при этом расход газа. Подсчитано, что гелиосистема экономит до 80 % средств, направленных на оплату горячего водоснабжения. В переходный период (весна, осень) гелиосистема полностью обеспечивает отопление дома, что позволяет дополнительно экономить 20–30 % газа. В целом экономия в течение 2010–2011 гг. реализации проекта составила около 60 %. При таких параметрах срок окупаемости гелиосистемы составил 5–7 лет [4].

В настоящее время в Беларуси отрасль производства солнечных элементов и установок на их основе находится только на этапе развития, однако ряд предприятий уже наладили собственное производство. Например, ООО «Электрет» уже более 8 лет разрабатывает и внедряет солнечные водогрейные системы, предназначенные для горячего водоснабжения жилых домов, объектов соцкультбыта и промышленности. В 2009 г. в Бресте было создано первое промышленное предприятие СООО «Солар-Груп» по выпуску высокотехнологичных полупроводниковых фотоэлектрических преобразователей (далее – ФЭП). Объем производства на данный момент достигает 1,3 млн пластин ФЭП в год. Ведутся постоянные работы по улучшению качества производимой продукции [1].

На современном этапе развитие солнечной энергии также получило весомую нормативно-правовую поддержку. К законодательным и программным документам, определяющим реализацию государственной политики в области солнечной энергии и энергосбережения в Республике Беларусь, относятся [5]:

- Закон Республики Беларусь «Об энергосбережении» от 15.07.1998 г. № 190-З;
- Стратегия развития энергетического потенциала Республики Беларусь, утверждена Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 09.08.2010 г. № 1180;
- Закон Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии» от 27.12.2010 г. № 204-З;
- Комплексный план развития электроэнергетической сферы до 2025 г. с учетом ввода Белорусской атомной электростанции;
- Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь до 2035 г., утверждена Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 23.12.2015 г.; № 1084;
- Отраслевая программа электроэнергетики на 2016–2020 гг.;
- Государственная программа «Энергосбережение» на 2016–2020 гг.

Вместе с тем некоторые специалисты приводят ряд текущих и перспективных проблем, с которыми может столкнуться солнечная энергетика:

во-первых, использование солнечного излучения как источника энергии характеризуется его сезонной неравномерностью. По данным многолетних наблюдений метеорологических станций, в Республике Беларусь максимум солнечного излучения приходится на период года с апреля по август (около 80 % от общего количества). Максимум потребления энергии (в первую очередь тепловой), напротив, приходится на зимние месяцы. Однако такая проблема может быть решена путем использования сезонного аккумулирования солнечной теплоты [6];

во-вторых, для территории Беларуси свойственна относительно малая интенсивность солнечной радиации и существенное изменение ее в течение суток и года. С учетом того, что в Беларуси только треть года бывает солнечной, расчеты показывают: более 30 % территории республики необходимо отдать под солнечные электростанции, чтобы удовлетворить ее потребность в электричестве [6];

в-третьих, строительство и эксплуатация гелиостанций потребуют существенных инвестиционных затрат. К тому же Беларусь имеет один из самых низких тарифов на электроэнергию, а с введением в работу Островецкой АЭС использование электроэнергии дорогостоящих солнечных преобразователей может стать еще более не выгодным [6].

На основе имеющихся данных нами проведен SWOT-анализ условий развития солнечной энергетике в Беларуси, результаты которого представлены в таблице.

SWOT-анализ условий развития солнечной энергетике в Беларуси

<p>СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ:</p> <p>1) солнечная энергия – это практически неисчерпаемый источник энергии;</p> <p>2) не загрязняет окружающую среду</p>	<p>ВНЕШНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ:</p> <p>1) экспорт поликремния; 2) строительство новых заводов совместно с зарубежными инвесторами; 3) развитие технологий;</p> <p>4) государственная поддержка</p>
<p>СЛАБЫЕ СТОРОНЫ:</p> <p>1) низкая интенсивность солнечной радиации; 2) нехватка площадей под мощные гелиостанции; 3) существенные материальные и трудовые затраты</p>	<p>ВНЕШНИЕ УГРОЗЫ:</p> <p>1) введение в эксплуатацию новых энергетических объектов; 2) изменение экономических условий (снижение тарифов на электроэнергию и удлинение сроков окупаемости)</p>

Таким образом для успешного развития солнечной энергетики в Республике Беларусь необходимо [7]: 1) дальнейшее совершенствование нормативной базы, отвечающей современным требованиям; 2) развитие системы подготовки и переподготовки специалистов в данной области; 3) профессиональное обслуживание работы солнечных электростанций; 4) разработка государственной программы в области солнечной энергетики на долгосрочную перспективу; 5) участие в международных конференциях и выставках с целью привлечения иностранных инвесторов и заимствования опыта у зарубежных коллег.

Таким образом, в Республике Беларусь есть необходимые условия для развития солнечной энергетики. Страна располагает крупными научно-исследовательскими центрами в области микро-, нано- и оптоэлектроники, соответствующим аналитическим и производственным оборудованием, которое может быть использовано при разработке солнечных элементов. Сравнительно большая материально-техническая база не загружена и пригодна для обеспечения крупносерийного производства солнечных элементов и гелиостанций [2].

Вместе с тем альтернативные источники энергии в Беларуси сегодня и в ближайшем будущем не смогут заменить в полном объеме традиционные энергоносители. Энергия солнца не способна стать таким источником в промышленных масштабах по простой причине – низкая плотность солнечного потока энергии. Кроме того, строительство и эксплуатация гелиостанций потребуют значительных затрат. Эти обстоятельства в настоящее время являются препятствием для активного развития гелиоэнергетики в Беларуси [6].

Литература

1. Альтернативная энергетика // Энергетика Республики Беларусь. – Режим доступа: https://energo-belarus.by/articles/alternativnaya_energetika. – Дата доступа: 09.03.2018.
2. Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2017 // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://статистика.бел/ofitsialnaya-statistika>. – Дата доступа: 10.03.2018.
3. Солнечная энергия в Республике Беларусь // Солнечная энергетика. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/6231352>. – Дата доступа: 08.03.2018.
4. Тимошук, А. Л. Перспективы использования солнечной энергии в Республике Беларусь / А. Л. Тимошук, А. А. Данилевский // Альтернативные источники энергии. – Режим доступа: <http://belagromech.basnet.by.pdf>. – Дата доступа: 10.03.2018.
5. Министерство энергетики Республики Беларусь: концепции, программы и комплексные планы // Энергетика Республики Беларусь. – Режим доступа: http://minenergo.gov.by/zakonodatelstvo/konceptcii_i_proframmi. – Дата доступа: 11.03.2018.
6. Присяженко, А. А. Альтернативные источники энергии в Беларуси. Топливо-энергетические ресурсы Беларуси / А. А. Присяженко // Альтернативные источники энергии. – Режим доступа: <http://fb.ru/article/253973/alternativnyie-istochniki-energii-v-belarusi>. – Дата доступа: 11.03.2018.
7. Александров, А. С. Перспективы развития солнечной энергетики в Гомельской области / А. С. Александров, Н. А. Дорохова // Энергетика Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://nashkraj.info/perspektivy-razvitiya-solnechnoj-energetiki-v-gomelskoj-oblasti>. – Дата доступа: 11.03.2018.

ТРАНСФОРМАЦИЯ СИСТЕМЫ ЗАКУПОК В ЭНЕРГЕТИКЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ: ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

А. Ю. Ивкин

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Т. А. Маляренко

Белоруссия находится в числе 45 стран мира, которые не имеют особых проблем в энергетике. Такие данные приводятся в исследовании Всемирного банка RISE – Regulatory indicators for Sustainable Energy.

По 27 параметрам изучались 111 стран, в которых проживают 96 % населения Земли. Беларусь получила общую оценку в 70 баллов из 100 возможных. При этом доступ к источникам энергии был оценен в 100 баллов, энергоэффективность – в 62 балла, а возобновляемая энергетика в 49 баллов, что не помешало Беларуси попасть в список 45 стран благополучной «зеленой зоны рейтинга».

Несмотря на это, в настоящее время основными проблемами, ослабляющими энергетическую безопасность республики, остаются: высокая энергоемкость экономики республики; низкая обеспеченность собственными топливно-энергетическими ресурсами (ТЭР); высокая доля природного газа в топливно-энергетическом балансе (ТЭБ) страны; большие затраты на импортируемые энергоресурсы.

Основная часть вышеперечисленных проблем имеет прямое отношение к закупочной деятельности. Процесс приобретения необходимого по качеству и количеству топлива и материалов в нужное время в нужном месте от надежного поставщика с хорошим сервисом и по выгодной цене называется закупками, а деятельность по их осуществлению — закупочной.

Так как энергетика Республики Беларусь является монополистом с государственной формой собственности на средства производства, то говоря о трансформации системы закупок в энергетике, мы ставим перед исследованием цель – оптимизация не только расходов энергосистемы, определяющих себестоимость энергии (топливная составляющая в себестоимости энергии – 70 %), но и бюджетных средств, что сегодня является весьма актуальным.

Закупочная деятельность имеет циклический характер и осуществляется системно. Эффективность системы закупок зависит от следующих факторов:

- обоснованность потребности в закупаемых товарах, работах, услугах, в том числе на основе оптимизации материальных и энергетических затрат в издержках производства;
- качество законодательной базы;
- качество информационного обеспечения;
- установление приоритетов как в части закупаемой продукции (качество, количество, условия договоров и т. д.), так и между поставщиками (правоспособность, квалификация);
- наличие организационной схемы принятия решений при планировании и осуществлении закупок, правил их осуществления;
- взаимодействие с финансовым и налоговым планированием;
- выбор адекватного метода или группы методов планирования и организации закупок (*виды и способы закупок*).

Законодательными актами, лежащими в основе закупочной деятельности в энергетике Республики Беларусь, являются Закон о государственных закупках товаров (работ, услуг) и Приказ Министерства энергетики Республики Беларусь «О совершенствовании отношений в области закупок товаров (работ, услуг) организациями, входящими в систему Министерства энергетики, за счет собственных средств этих организаций и дополнительных мерах по повышению ответственности должностных лиц при осуществлении закупок.

В настоящее время в Беларуси созданы все условия для эффективного осуществления закупок. Однако:

1. Слабость законодательной базы при выборе потенциального поставщика.

1.1. Большая доля закупок из одного источника. Более 80 % сырья для белорусской энергетики импортируется из России. По мнению специалистов белорусского теплоэнергетического института, такая ситуация небезопасна. По нормам развитых стран не рекомендуется импортировать более 50 % топливно-энергетических ресурсов из одной страны. В противном случае государство становится слишком зависимым от сырьевых источников. В стоимостном выражении она составляет около 40–45 % от общего объема закупок. Сейчас очень много процедур признается несостоявшимися, так как требования пишутся под одного поставщика или подрядчика, что ограничивает круг потенциальных участников и снижает конкуренцию. Как правило, это либо белорусский производитель, либо дилерская (дистрибьюторская) структура иностранных производителей, которая обладает исключительными полномочиями на реализацию того или иного товара.

1.2. Как выявить недобросовестных поставщиков? В настоящее время заказчик, даже если обнаружил какие-то нарушения со стороны поставщика, то может включить или не включить его в список недобросовестных поставщиков.

2. Отсутствие единой торговой площадки для закупок малого объема – до 300 базовых величин. По сути, это должна быть площадка, на которой пользователь сможет найти все предложения от поставщиков по всем видам товаров.

3. Во взаимодействии Беларуси с партнерами по ЕАЭС и предоставления равноправного доступа подходы к проведению процедур госзакупок сходны, но кто-то пошел дальше в электронизации процесса.

4. Выбор формы участия в процедурах госзакупок в странах-участницах ЕАЭС обуславливает разную эффективность закупки.

5. В открытом конкурсе критерии выбора поставщика могут быть как ценовыми, так и неценовыми. При поведении аукциона используется только ценовой критерий (минимальная цена), что требует электронной подачи предложения.

6. Степень доступа к информации. Не публикуются контракты, заключенные в результате проведения процедур государственных закупок. Как следствие, общественность и участники торгов не имеют возможности проследить и проконтролировать процедуру государственной закупки от размещения приглашения до заключения контракта. Наконец, статистика официального сайта показывает, что сообщения о результатах процедур государственных закупок размещаются только в половине случаев, что является прямым нарушением действующего законодательства. Очевидно, государственный орган по государственным закупкам (Министерство торговли) не справляется с контролем за всеми процедурами государственных закупок, хотя проблема могла бы быть решена с помощью простых программных средств.

Таким образом, информация о проведении государственных закупок не полна и не достаточно легко доступна.

7. Реализация принципов надежности и непрерывности электроснабжения требует полноты запасов ТЭР, что обуславливает определенную напряженность в организации внешних закупок.

Исходя из сути обозначенных проблем, можно сделать вывод, что для того, чтобы система закупок была эффективной, необходимо бесперебойное продвижение информационных потоков, правовая корректность их содержания и структуры, своевременность и т. п. Поэтому предлагаем:

1. Совершенствование законодательной базы в части:

1.1. Уменьшение доли закупок из одного источника, в том числе за счет снижения числа несостоявшихся процедур и благодаря упорядочению требований, которые выставляются заказчиком, в том числе к предмету закупки.

1.2. Сообщение о результате процедуры государственной закупки должно включать не только цену заключенного контракта, но и полное тендерное предложение каждого участника торгов вместе с критериями оценки предложений и обоснованием выбора победителя конкурсной комиссией.

1.3. Сообщение о результате процедуры государственной закупки должно публиковаться на официальном сайте при проведении всех видов процедур государственных закупок, кроме тех случаев, когда сведения о государственных закупках составляют государственные секреты.

2. Создание единой площадки для закупок малого объема. Белорусская универсальная товарная биржа располагает необходимым функционалом, чтобы создать площадку хоть сейчас. Национальный центр маркетинга и конъюнктуры цен также проинформировал о своей готовности.

3. Единый язык для организации закупок для стран ЕАЭС. Необходимо, чтобы информация была на русском языке.

4. Расширение площадей складов предприятий энергетической отрасли, что позволит снизить и уменьшить уровень зависимости от поставщиков.

5. Полная электронизация всех стадий закупочной деятельности как на уровне отрасли, так и на уровне предприятия, в частности, внедрение SRM-системы (специальных компьютерных программ, позволяющих планировать задачи и контролировать их выполнение, вести учет клиентов, хранить документацию по проектам и автоматизировать ее создание). Это позволит:

– снизить затраты и повысить эффективность за счет упрощения процессов закупок и высвобождения времени сотрудников службы закупок, в результате чего они могут заниматься работой, добавляющей более высокую ценность;

– обеспечить быстрый и более легкий доступ к наиболее важным данным в режиме реального времени, что помогает принимать обоснованные решения;

– благодаря сокращению времени на административную и тактическую деятельность в процессе поставок работники могут уделять больше времени стратегическим инициативам и более сфокусированной работе с важными поставщиками и основными проектами по поставкам.

Трансформация системы закупок в части законодательного и информационного обеспечения посредством реализации данных предложений позволит в масштабах всей отрасли (энергопредприятия) контролировать расходы в сфере закупочной деятельности и их оптимизировать.

Литература

1. Управление закупками и оптимизация закупочной деятельности. – Режим доступа: <http://электротехнический-портал.рф>. – Дата доступа: 04.03.2018.
2. Беларусь – в зеленой зоне Рейтинга устойчивости энергетики // Науч.-практ. журн. – 2017. – № 5. – С. 5.

**УПРАВЛЕНИЕ ТОРГОВО-СКЛАДСКИМИ ЗАПАСАМИ
В ОРГАНИЗАЦИЯХ РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛИ****Т. Н. Мельникова***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Е. А. Кожевников

Управление запасами – довольно традиционная сфера практической работы, которая стала развиваться как самостоятельное направление в начале 20-х гг. прошлого века. Постепенное накопление материала привело в 60-е гг. к формированию теории управления запасами, ориентированной на оптимизацию уровня запасов в организации. Разнообразная специальная литература на русском языке по управлению торговым предприятием помогла к 90-м гг. сделать инструментарий теории управления торговыми запасами доступным для практического применения.

Современная отечественная практика управления торговыми запасами зачастую, характеризуется:

- стихийно или традиционно сложившейся методикой работы по управлению запасами;
- недостаточной статистической базой расчета уровня торгового запаса;
- высоким уровнем ошибки прогнозирования потребности в торговом запасе;
- слабым методическим взаимодействием служб различных функциональных областей логистики, связанных с формированием торговых запасов;
- отсутствием четко сформированной стратегии управления торговыми запасами [1].

Для изменения ситуации прежде всего требуется взглянуть на торговый запас не как на инструмент удовлетворения запросов потребителей, а как на самостоятельный объект управления.

Торговые запасы составляют основную часть оборотных средств торгового предприятия. Поэтому нерациональное управление запасами, например, создание необоснованно большого количества товарных запасов в торговой деятельности приводит к снижению уровня оборачиваемости денежного капитала, вложенного в создание запасов, а также к увеличению затрат на их хранение и, наоборот, в случае недостаточный объем товарных запасов может привести к дефициту товаров и упустить возможную прибыль.

Торговые запасы являются наименее ликвидными краткосрочными активами, представляют собой по сути «замороженные» денежные средства.

Между тем некоторые менеджеры, опасаясь возможной нехватки товаров, систематически создают избыточные запасы в целях подстраховки и экономии на оптовых скидках.

В этой связи в современных условиях функционирования национальной экономики, когда имеет место острый дефицит свободных денежных средств на счетах отдельных организаций, большое значение приобретает проблема оптимизации управления торговыми запасами.

При управлении торгово-складскими запасами на предприятии розничной торговли важную роль играет процесс организации закупки товаров.

Закупка товара является одним из основных этапов деятельности предприятия розничной торговли. Правильно организованная система закупки товара позволяет более эффективно использовать денежные ресурсы, избежать дефицита товарных позиций, не увеличивая товарные запасы.

Нами были рассмотрены предлагаемые условия поставок ряда предприятий на территории Республики Беларусь. На сегодняшний день предприятия изготовители и предприятия оптовой торговли предлагают различные условия поставки товара. Типичные для Республики Беларусь особенности организации поставок, договорных условий поставщиков для розничной торговли представлены в таблице.

Условия договора поставки товара на предприятиях розничной торговли

Поставщик	Условие скидки	Количество дней рассрочки оплаты	Сумма минимального заказа	Дни поставки
ЗАО «Дилис Косметик»	Скидка 10 % при предоплате	14	100	Четверг
ООО «Люкс-Визаж»	Скидка 3–5 % при заказе свыше 700 р. на условиях предоплаты	21	100	Среда
ООО «РЕЛУИ БЕЛ»	Скидка 3 % при заказе свыше 1500 р. на условиях предоплаты	30	200	Понедельник, среда, пятница

Большинство данных организаций доставку товара и транспортные услуги по доставке берут на себя, поэтому для организации розничной торговли более важными условиями поставки являются цена на товар и условия оплаты. На цену товара влияют объем закупаемой партии и способ оплаты.

Практически все поставщики товара в розничную торговлю предоставляют рассрочку платежа за товар. Рассрочка оплаты товара позволяет пользоваться «чужими» денежными средствами. Данный механизм очень эффективен при правильной организации поставок товаров.

Важную роль играет определение оптимального объема заказываемой партии товара. Размер поставки должен обеспечить торговое предприятие достаточным количеством товара до следующей поставки, не вызвав при этом необоснованное увеличение торгово-складских запасов.

При неверном определении суммы заказа к моменту оплаты у организации может не быть денежных средств в наличии, это влечет за собой нарушение договорных обязательств (штрафы, пени, расторжение договора). Составление графика поставок позволит избежать данных последствий.

Для составления графика необходимо определить среднедневной товарооборот по каждому поставщику в ценах поступления и определить минимальный объем заказа. На основании данных о днях доставки товаров на предприятие розничной торговли по каждому поставщику рассчитывается оптимальное количество дней между поставками товара.

Предложенный алгоритм был опробован в объекте розничной торговли Гомельской области со смешанным ассортиментом непродовольственных товаров.

В анализируемом торговом объекте объем каждой поставки товара за последние 6 месяцев был превышен более чем в 2 раза от суммы минимального заказа. В связи с этим половина заказов производилась со значительным увеличением дней между поставкам. Одновременно с этим колебания дебиторской задолженности было значительное, и в организации периодически образовывалась просроченная дебиторская задолженность. Использование графика поставок позволило бы избежать данной ситуации (рис. 1).

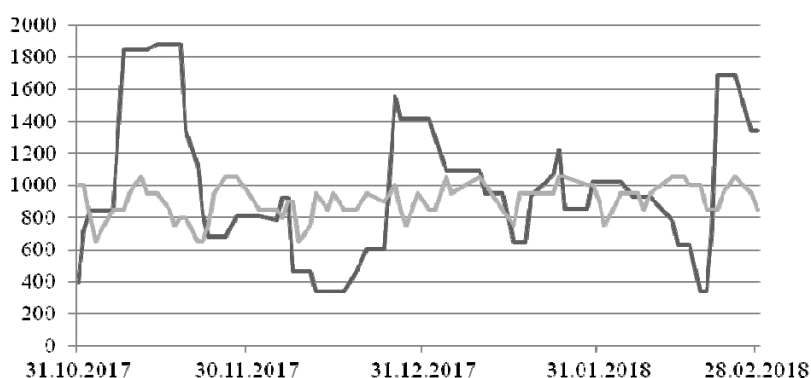


Рис. 1. Колебание дебиторской задолженности за период 31.10.17–28.02.17:

- дебиторская задолженность;
- дебиторская задолженность с графиком поставок

Рассрочка оплаты товара является привлекательным условием при заключении договора поставки, однако при превышении суммы заказа товаров данный инструмент может только усугубить положение торгового предприятия на рынке.

Таким образом, произведенные исследования позволят повысить эффективность деятельности предприятия розничной торговли:

- установить стабильный уровень дебиторской задолженности, тем самым значительно снизив риск нарушения договорных обязательств по срокам оплаты за товар;
- сократить торгово-складские запасы за счет увеличения количества поставок и уменьшения объема заказываемой поставки.

Литература

1. Стерлигова, А. Н. Роль управления запасами в организации успешного бизнеса / А. Н. Стерлигова // *Логистика сегодня*. – 2004. – № 1. – С. 48–59.
2. Шрайбфедер, Дж. Эффективное управление запасами / Дж. Шрайбфедер. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2005. – 304 с.

ИНТЕГРАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ ФОРМИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ

Р. С. Руденко

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Я. П. Хило

Сегодня, когда Республика Беларусь столкнулась с серьезными экономическими вызовами, насущной стала необходимость структурной перестройки экономики страны, перехода от сырьевой экономики к инновационной. В данных условиях необходимо поэтапное ускоренное формирование инновационной инфраструктуры во всех областях жизнедеятельности, включая прорывные направления критических технологий. Задача повышения инновационной активности всех субъектов экономики является важнейшим приоритетом современной государственной политики Республики Беларусь [1]. На университеты возлагается важная роль, в связи с чем в Беларуси и за рубежом идет активный поиск путей реформирования высшей школы с созданием университетов мирового уровня, включая интеграцию университетов [2].

Объем государственного финансирования системы образования является базовым показателем системы образования, потому что от него зависит как качество получаемых знаний, так и широта покрытия населения образовательными программами. Анализ государственных расходов на образование подразумевает под собой видоизмененный метод оценки человеческого капитала, который исходит из затрат на его формирование. Следует отметить, что уровень государственных расходов на образование в Беларуси достаточно стабилен.

Сложившаяся в стране демографическая ситуация является неблагоприятной для развития человеческого потенциала. Для нее характерны: старение населения, снижение продолжительности жизни и ухудшение состояния здоровья людей, высокая преждевременная смертность лиц трудоспособного возраста. Большую проблему для Беларуси представляет устойчивый отток молодого и образованного населения за границу, который происходит на фоне роста числа беженцев и нелегальных мигрантов, прибывающих в Республику Беларусь.

Вместе с тем промышленные предприятия стали более требовательными к подготовке кадров в системе высшего образования. В сложившихся условиях хозяйствования им необходимы кадры, которые способны эффективно работать в изменяющихся условиях. Основные компоненты, которыми должны обладать кадры, это – компетентность, адаптивность, инновационность и мобильность.

Современное развитие экономики требует перестроить формы и методы образования, вследствие чего требуются новые знания и навыки, адекватные условиям научно-технического прогресса, а также развитие инфраструктуры (дороги, транспорт, связь).

Создание практико-ориентированной образовательной среды учебного заведения, изучение ее влияния на становление, реализацию, раскрытие, самосовершенствование личности остается актуальной проблемой педагогики. Также возникает вопрос о недостатке квалифицированных рабочих. Сегодня значительная часть работодателей не верит в возможность качественной подготовки кадров высшими учебными заведениями, а образовательные учреждения при этом в большинстве своем недовольны производственными условиями труда своих подопечных. Практически любой работодатель рассчитывает на современного специалиста с широким кругозором знаний и практических умений, который будет владеть помимо своей специальности еще смежными.

Практика трудоустройства выпускников в последние годы показывает, что работодатели при подборе специалистов заинтересованы в кадрах, уже имеющих опыт работы, вследствие чего в современном мире молодые специалисты испытывают трудности в трудоустройстве и адаптации к постоянно изменяющимся условиям деятельности. Основной проблемой низкой профессиональной компетентности выпускников и их неконкурентоспособности является отсутствие практики решения задач в области будущей профессиональной деятельности.

Для преодоления обозначенных проблем необходимо уже сегодня переопределить принципы, методы и процедуры формирования содержания профессионального образования, а также согласовать стандарты по подготовке специалистов с профессиональными стандартами определенной области [3].

В целом интеграция является процессом длительным и рассматривается с разных сторон. Сегодня имеет место уменьшение интенсивности процессов интеграции в экономике Беларуси, а также снижение роли данных процессов как фактора результативности функционирования организаций [4].

Интеграция образования, науки и производства – это совместное использование потенциала образовательных, научных и производственных организаций во взаимных интересах. В первую очередь, в областях подготовки, повышения квалификации и переподготовки кадров, а также проведения совместных научных исследований, внедрения научных разработок и т. д. Данные интеграционные процессы охватывают широкий спектр различных направлений деятельности и проявляются в разнообразных формах.

Субъекты интеграционных процессов представлены преимущественно государственными вузами, которые функционируют в форме бюджетных учреждений, и научными организациями в форме бюджетных учреждений. Эффективность интеграции науки и образования и в последующем будет в значительной степени определяться его нормами и их эволюцией.

Интеграция обучения, науки и производства предусматривает их органическое соединение в деле подготовки студента по избранной специальности в вузе. Эффект от такого соединения существенно зависит от формы его реализации, причем открытое пространство образования строится в виде системы формальных и неформальных отношений, предоставляющих обучающемуся единые возможности для профессионального роста и последующей деятельности в соответствии с полученной подготовкой.

В передовых странах основной прирост занятости определяется профессиями, где преобладает интеллектуальный труд. Там весьма эффективно действует цепочка «образование – наука – производство». В данном случае связь науки, образования и производства является хорошим примером, когда образованные молодые люди (бакалавры, магистры), приходя в науку, стремятся овладеть новыми знаниями и хотят их реализовать на конкретном производстве. Успешно осуществляемые в Республике Беларусь механизмы интеграции образования, науки и производства служат достаточно хорошей основой для дальнейшего инновационного развития во всех сферах [5].

Министерство образования инициировало интеграционные процессы, что обуславливает необходимость изучения зарубежного опыта в этой сфере. Этот опыт позволяет выявить три основных стратегии создания университетов мирового класса, при которых правительство [1]:

– выбирает несколько из существующих высших учебных заведений для превращения в передовые учебные заведения, оказывая им существенную поддержку;

- стимулирует вузы к слиянию, при этом обеспечивая синергизм трансформаций;
- и в итоге создает новый университет мирового класса с нуля.

Интеграция образования и производства в зарубежных университетах развивалась на протяжении долгого времени, после чего доказала свою мощь и перспективность. Исследовательские университеты зарекомендовали себя как успешная форма интеграции образования и науки.

Интеграционные процессы в научной деятельности включают в себя:

- 1) приобретение студентом новых знаний;
- 2) использование этих знаний в научно-исследовательской работе;
- 3) получение результата;
- 4) экспериментирование до его воплощения в технологический процесс;
- 5) одобрение технологического процесса;
- 6) запуск технологического процесса в производство.

Рассматривая развитие в процессе интеграции непрерывного профессионального образования, следует обратить внимание на интеграционные процессы, происходящие в начальном и среднем профессиональном образовании, так как эта подсистема не только является компонентом довузовского образования, но и осуществляют двухстороннюю интеграцию «образование – бизнес», поставляя кадры на рынок труда по заказам предприятий на основе целевой подготовки.

Развитие социального института образования на основе интеграции уровней профессионального образования требует системообразующего проектирования, долгосрочного планирования, научного социологического обоснования моделирования новых типов учебных заведений.

Оптимизация системы образования должна осуществляться в направлении организации инновационного развивающего образования, которое сегодня оказывает влияние на качественную сторону подготовки специалистов, повышение их профессионализма.

Реформирование системы образования на основе интеграции ее подсистем позволяет не просто совершенствовать образовательную систему, а полностью реконструировать ее на основе интегрированных университетских комплексов непрерывного профессионального образования, которые становятся современными академическими и культурными центрами.

Таким образом, в сложившихся условиях все более актуальным становится повышение эффективности взаимодействия между наукой, образованием и производством, в связи с тем, что носителями информации здесь часто выступают одни и те же лица – специалисты, использующие единую информационную среду. Кроме того, интеграционные процессы между рассматриваемыми видами деятельности, во-первых, экономичны и эффективны, во-вторых, ускоряют научно-технический прогресс, в-третьих, позволяют рационально использовать интеллектуальный потенциал науки и высшей школы не только отдельной страны, но и мирового сообщества в целом. Обобщение, анализ и использование этого опыта может принести значительные выгоды всем участникам этого процесса.

Л и т е р а т у р а

1. Салми, Д. Создание университетов мирового класса структур : монография : пер. с англ. / Д. Салми. – М. : Весь Мир, 2009. – 132 с.
2. Шегельман, И. Р. Университет в инновационном пространстве региона / И. Р. Шегельман, А. В. Воронин // Высш. образование России. – 2010. – № 8–9/10. – С. 77–80.
3. Скамницкий, А. А. Модульно-компетентностный подход и его реализация в среднем профессиональном образовании / А. А. Скамницкий. – М., 2006. – 247 с.

4. Волкова, Ю. А. Мотивы интеграционных взаимодействий субъектов хозяйствования на рынке / Ю. А. Волкова, Н. П. Драгун. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by/bitstream/handle/220612/13810.pdf?sequence=1>. – Дата доступа: 17.03.2018.
5. Глушенко Л. Ф. Основы интеграции науки, образования и производства / Л. Ф. Глушенко, Н. А. Глушенко, А. С. Лебедев // Успехи соврем. естествознания. – 2009. – № 5. – С. 32–33.

АНАЛИЗ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ ЗА ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ И ОХРАНОЙ ЗЕМЕЛЬ В ГОМЕЛЬСКОЙ И МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТЯХ

А. А. Савченко

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель Д. А. Чиж

Согласно статье 1 Конституции Республики Беларусь Республика Беларусь является правовым государством, обеспечивающим законность и правопорядок [1]. Обеспечение законности требует целенаправленного воздействия на поведение (деятельность) субъектов общественных отношений, т. е. является управленческим процессом. Говоря о гарантиях правовой законности, в качестве одной из них выделяют эффективный системно упорядоченный контроль за точной и единообразной реализацией законодательства.

Ведение государственного контроля за использованием и охраной земель в республике является конституционной задачей. Согласно статье 46 Конституции «государство осуществляет контроль за рациональным использованием природных ресурсов в целях защиты и улучшения условий жизни, а также охраны и восстановления окружающей среды» [1].

Статья 1 Кодекса Республики Беларусь о земле определяет государственный контроль за использованием и охраной земель как деятельность государственных органов, направленную на предотвращение, выявление и устранение нарушений законодательства об охране и использовании земель, осуществляемую в соответствии с законодательными актами [2]. В соответствии со статьей 90 указанного Кодекса данный вид контроля осуществляется областными, Минским городским, городскими, районными, сельскими, поселковыми исполнительными комитетами непосредственно и (или) через свои землеустроительные службы.

Целью исследования является анализ осуществления государственного контроля за использованием и охраной земель в Гомельской и Могилевской областях, при этом применялись монографический метод и метод статистического анализа.

Согласно статистической информации Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь за 2016 г. специалистами землеустроительных служб исполнительных комитетов на территории республики было выявлено 8365 нарушений законодательства об охране и использовании земель, что в 1,8 раза больше, чем в 2006 г. (табл. 1).

**Динамика проведения проверок и выявления нарушений законодательства
об охране и использовании земель**

Наименование административно- территориальной единицы	Проведено проверок		Выявлено нарушений					
	Год							
	2015	2016	2005	2006	2010	2011	2015	2016
Гомельская область	2532	2446	658	499	716	2198	3139	3345
Могилевская область	10777	14165	835	845	209	1091	1709	1700
Республика Беларусь	22425	27201	5236	4748	2592	6220	8275	8365

В течение 2016 г. наибольшее количество проверок соблюдения законодательства об охране и использовании земель среди всех областей республики имело место в Могилевской области – 14165, а наименьшее – в Витебской (1084 проверки). При этом наибольшее количество выявленных правонарушений было зафиксировано в Гомельской области – 3345, а наименьшее – в Гродненской (549 нарушений).

Из 3345 нарушений законодательства об охране и использовании земель, выявленных в течение 2016 г. на территории Гомельской области, 3114 (93,1 %) совершено гражданами, 185 (5,5 %) – юридическими лицами и 46 (1,4 %) – индивидуальными предпринимателями. Наибольшее число правонарушений составляет нарушение порядка снятия, использования и сохранения плодородного слоя почвы (1775 правонарушений), также имели место самовольное занятие земель (213), неиспользование земельных участков (410), нецелевое использование земельных участков (88), нарушение сроков возврата временно занимаемых земель (151), уничтожение либо повреждение межевых знаков (7) и прочие нарушения (701 правонарушение).

Из 1700 нарушений законодательства, выявленных в течение 2016 г. в Могилевской области, 1627 (95,7 %) совершено гражданами, 61 (3,6 %) – юридическими лицами и 12 (0,7 %) – индивидуальными предпринимателями. При этом наибольшее число выявленных правонарушений приходится на нарушение порядка снятия, использования и сохранения плодородного слоя почвы – 952 ед., или 56 %.

В период с 1 января по 31 декабря 2016 г. специалистами землеустроительных служб исполнительных комитетов в целом по республике было составлено 2556 протоколов об административных правонарушениях, на основании которых на нарушителей в судебном порядке были наложены штрафные санкции на общую сумму 558443 тыс. р. (табл. 2).

Таблица 2

**Динамика вынесения постановлений за нарушение законодательства
об охране и использовании земель**

Наименование административно- территориальной единицы	Наложено административных взысканий специалистами земслужб, тыс. р.		Составлено протоколов			Сумма штрафов, наложенных судом, тыс. р.	
	Год						
	2015	2016	2011	2015	2016	2015	2016
Гомельская область	221450	31251	689	736	906	962822	146991
Могилевская область	150831	29000	163	466	379	514386	48100
Республика Беларусь	673235	103903	1584	2314	2556	4220714	558443

Количество вынесенных в республике государственными инспекторами постановлений о наложении административного взыскания увеличилось с 4636 в 2012 г. до 5951 в 2016 г. При этом общая сумма взысканных специалистами землеустроительных служб штрафов с нарушителей законодательства об охране и использовании земель составила в 2016 г. 103903 тыс. р.

Согласно приведенным данным в течение всего анализируемого периода времени наибольшее количество протоколов об административных правонарушениях и наибольшее количество постановлений среди областей республики было оформлено на территории Гомельской области, что обусловлено количеством выявленных на территории областей правонарушений.

Говоря об эффективности контрольных мероприятий, проводимых в течение 2016 г., следует отметить, что в целом по Гомельской и Могилевской областям все выявленные нарушения законодательства об охране и использовании земель устранялись.

Для сравнительного анализа работы землеустроительных служб по выявлению нарушений законодательства были выбраны такие показатели, как количество выявленных нарушений в расчете на 1000 землепользователей и на одного специалиста землеустроительной службы исполнительного комитета.

В Гомельской области наибольшее значение выявленных в 2016 г. нарушений законодательства в расчете на 1000 землепользователей было достигнуто в Октябрьском районе и составило 13,4 правонарушения. В двух районах области – Мозырском и Светлогорском – было выявлено до пяти нарушений на 1000 землепользователей – 3,0 и 2,7 нарушения соответственно. В целом по области данный показатель составил 7,3.

В Могилевской области в 2016 г. было выявлено 4,3 правонарушения на 1000 землепользователей. Наибольшего значения рассматриваемый показатель достиг в Кличевском районе и г. Могилев, где в течение года было выявлено, соответственно, 7,3 и 7,4 правонарушения. При этом до пяти правонарушений в расчете на 1000 землепользователей было выявлено в 14 из 23 административно-территориальных единиц области, а наименьшее значение рассматриваемого показателя имело место в Могилевском районе – 1,8 правонарушения.

Наибольшее количество выявленных в 2016 г. правонарушений в расчете на одного специалиста землеустроительной службы приходится на Рогачевский район –

53,8 правонарушения. Наименьшее значение данного показателя в Гомельской области отмечено в Хойникском районе – 13,0 правонарушений. В среднем в области в расчете на одного специалиста землеустроительной службы было выявлено 27,9 правонарушения.

В Могилевской области в 2016 г. в расчете на одного специалиста землеустроительной службы было выявлено 14,7 правонарушения. Наибольшее значение данного показателя имеет место в Бобруйском районе – 35,7 правонарушения, а его наименьшее значение наблюдается в Кричевском районе – 7,6 правонарушения.

Согласно вышеизложенному специалисты землеустроительных служб исполнительных комитетов Гомельской области проводят более активную работу по осуществлению государственного контроля за использованием и охраной земель и наведению порядка на земле. Заместитель председателя Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь А. В. Литреева на заседании итоговой коллегии Госкомимущества 4 февраля 2016 г. отметил по данному факту следующее: «Необходимо обратить внимание руководителей на усиление контрольных функций и в качестве положительного примера привести Гомельскую область. Не думаю, что у других меньше нарушений. Вопрос в эффективности. Службам надо найти свое место в системе мероприятий по наведению порядка на земле, которые реализуются в каждой области» [3, с. 8].

Литература

1. Конституция Республики Беларусь 1994 года (с изменениями и дополнениями) : принята на респ. референдуме 24 нояб. 1996 г. – Минск : Беларусь, 1997.
2. Кодекс Республики Беларусь о земле от 23 июля 2008 г. № 425-3 // Консультант Плюс: Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.
3. Литреев, А. В. О результатах работы в области использования и охраны земель, геодезической и картографической деятельности в 2015 году и задачах на 2016 год / А. В. Литреев // Земля Беларуси. – 2016. – № 1. – С. 7–10.

ПРОДВИЖЕНИЕ ПРОДУКЦИИ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

О. Н. Царь

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Я. П. Хило

Сегодня многочисленные социальные сети, такие как Facebook, ВКонтакте, Одноклассники и прочие, объединяют миллионы людей из разных стран мира. Социальные сети вызывают огромный интерес у всех, кто занимается бизнесом, продвижением слуг в Интернете, созданием Интернет-проектов. Именно поэтому продвижение в социальных сетях в последнее время становится все более актуальным.

В настоящее время наиболее распространенными, а следовательно, охватывающими наибольшее число пользователей, являются такие социальные сети, как ВКонтакте, Одноклассники, Facebook, Instagram, Twitter. Согласно последним данным исследования TNS, лидером по популярности среди пользователей остается соцсеть ВКонтакте, численность аудитории которой в конце 2017 г. приблизилась к отметке в 54,6 млн человек в месяц. Далее с отрывом почти в полтора миллиона следует «Одноклассники». На третьем месте — Facebook с 20,83 млн пользователей в месяц.

В плане маркетинга социальные сети можно применять не только в качестве инструмента продвижения собственного бренда или веб-ресурса, но также и как способ влияния на потребителей.

Продвижением своих услуг и товаров в социальных сетях занимаются как молодые компании, которые только становятся на ноги, так и известные всему миру бренды.

При продвижении продукции через социальные сети особое внимание следует уделять качеству контента создаваемого бизнес-аккаунта.

В социальных сетях существует четыре основных вида контента:

1. Видео – применяется для обучения, развлечения, привлечения.
2. Аудио – слоганы запоминаются на слух быстрее, чем зрительно.
3. Изображения – применяются для иллюстрирования своих товаров и услуг.
4. Текст – с его помощью осуществляется знакомство пользователей с компанией и ее деятельностью.

Процесс продвижения в социальных сетях состоит из нескольких этапов: 1) регистрация; 2) создание деловой атмосферы. После регистрации следует с особым вниманием отнестись к представлению продвигаемого бренда и услуг. Важно создать эффект круглосуточного присутствия на странице – регулярные комментарии и лайки способны завоевать доверие пользователей; 3) внешняя раскрутка и внутренняя оптимизация Интернет-ресурса (SMM и SMO).

Процесс продвижения в социальных сетях подразумевает такие аспекты, как внешняя раскрутка (Social Media Marketing (SMM)) и внутренняя оптимизация Интернет-ресурса под социальные сети (Social media optimization (SMO)). Для достижения положительного результата нужно действовать одновременно на двух «фронтах».

Первым делом следует провести оптимизацию сайта под социальные сети. Это необходимо для того, чтобы пользователи могли без проблем поделиться в соцсетях размещенным на ресурсе контентом. Кроме того, ресурс должен быть полностью готов к приему посетителей. Красивый дизайн, интересный контент – это залог успеха.

Обязательно следует выбрать целевую аудиторию, чье внимание необходимо привлечь к производимой продукции или оказываемым организацией услугам. Данный выбор будет напрямую влиять на успешность продвижения. Попробуем оценить самые популярные социальные сети с точки зрения их эффективности для продвижения продукции.

- ВКонтakte одна из наиболее посещаемых социальных сетей. Раньше эта социальная сеть в основном пользовалась популярностью у подростков и молодежи в возрасте до 25 лет. За последнее время аудитория значительно «повзрослела», средний возраст активных пользователей сегодня – 20–30 лет. Аудитория, которая сохраняет баланс в количественном соотношении мужчины-женщины, открыта для общения, пользователи любят обмениваться фото, музыкой, подписываются на интересные паблики.

- Одноклассники. Аудитория этой социальной сети продолжает оставаться «возрастной». Пользователи в основном женщины в возрасте 30–50 лет.

- Facebook. Аудитория этой социальной сети – молодые, «продвинутые» пользователи в возрастном диапазоне от 25 до 45 лет. Достаток аудитории в основном выше среднего, поэтому Facebook лучше подойдет для продвижения более дорогих товаров и услуг в отличие от ВКонтakte и Одноклассников. Эта социальная сеть подходит для продвижения продукции за пределами нашей страны.

- Instagram. Девушка-путешественница, 20–25 лет, из крупного города. Так можно приблизительно охарактеризовать основную массу пользователей этого ре-

сурса. При этом аудитория является платежеспособной. В Instagram решающую роль играет визуальная составляющая, а значит красивые, качественные картинки и должны стать неотъемлемой частью рекламной кампании.

• Twitter идеальное место для продвижения так называемых luxury-товаров: ювелирные изделия, алкогольные и автомобильные бренды. Также в этой социальной сети успешно продвигаются услуги авиаперевозки и отдых за границей.

Если потенциальный клиент выразил заинтересованность в продукте, то его необходимо направить собственно на сайт компании или через сеть ответить на все поступившие вопросы и дать необходимые справки. В случае, если предлагаемые услуги и товары в целом не будут интересны выбранной аудитории, то работа по продвижению будет иметь крайне низкую результативность.

Основные методы продвижения можно разделить на две группы: 1) платные; 2) бесплатные.

К бесплатным методам относится:

– вирусный маркетинг, т. е. создание постов или видео, которыми захочет поделиться максимально возможное количество пользователей социальных сетей;

– распространение медиа-контента, дополненного названием бренда или адресом рекламируемого ресурса;

– создание сообществ, групп. Данный метод является наиболее распространенным. Многие социальные сети позволяют создавать всевозможные сообщества по интересам. Приглашение в них участников социальных сетей дает возможность привлечь внимание потенциальных клиентов.

Основными платными методами являются:

– *конкурсы*. Проведение всевозможных акций, конкурсов позволит активизировать целевую аудиторию;

– *реклама в интернет-приложениях*. В каждой социальной сети много различных приложений. К ним относятся программы для создания изображений, аватарок, а также игры;

– *таргетированная реклама*. Это самый популярный тип платной рекламы в социальных сетях. Демонстрируя рекламу пользователям, живущим в определенной стране, городе или улице с определенными интересами, позволяет заинтересовать тех людей, которым наверняка нужны предлагаемые продукты или услуги.

Таким образом, у продвижения товаров и услуг в социальных сетях есть ряд значимых преимуществ: 1) простое начало; 2) быстрое распространение информации; 3) возможность работы с целевой аудиторией; 4) возможность активной коммуникации.

Очевидно, что на сегодняшний день большинство компаний стремится к продажам через социальные сети. Очень удобно, используя различные группы и аккаунты, вовремя доносить до потенциальных клиентов всю необходимую информацию о продукции, акциях, тех или иных мероприятиях. Подобные сведения не вызывают у клиентов неприятия и раздражения.

Уже сейчас через социальные сети проходит значительный финансовый поток: это как использование условной внутренней валюты (голоса «ВКонтакте»), так и непосредственные доходы от продажи таргетинговой рекламы.

В ближайшем будущем предполагается значительное увеличение экономической роли социальных сетей. В частности, может появиться способность создания магазинов в социальных сетях, через которые любой пользователь сможет приобрести заинтересовавший его товар. Вполне возможно, что через социальные сети будет

возможно оплачивать коммунальные платежи, брать кредиты и прочее, т. е. произойдет интеграция официальных групп различных финансовых структур. Возрастут также возможности таргетинговой рекламы. Если сейчас можно выбирать пользователей, живущих возле определенной станции метро, то в ближайшем будущем станет возможным ориентировать рекламу на различные поведенческие типы аудитории, определять интересы и предпочтения. В свою очередь государственными структурами будут предприняты шаги для обеспечения контроля над финансовыми потоками, проходящими через социальные сети.

Оценка эффективности продвижения в социальных сетях определяется изначально заложенными целями и задачами. Чем более четко была поставлена задача (лучше всего, если в нее уже были заложены некоторые количественные показатели), тем проще оценить результат работы и отдачу от вложенных в социальные сети средств. Поскольку продвижение в социальных сетях основано на взаимодействии людей с людьми, оценку эффективности в случае социальных сетей нельзя свести к количественному анализу и автоматизировать процесс. Качественные показатели требуют «ручной» работы, например, при определении тональности обсуждения бренда в тех или иных социальных сетях. Вместе с тем, чтобы рассчитать отдачу от продвижения в социальных сетях, нужно хорошо знать многочисленные количественные показатели (посещаемость страницы сообщества бренда, уровень оценок «мне нравится», количество комментариев и т. д.).

Кроме того, следует учитывать, что продвижение в социальных сетях основано на рекомендациях. В настоящее время наиболее авторитетным ярлыком доверия обладает тот бренд, который чаще всего рекомендуется. И не с помощью навязанной им же рекламы, а его клиентами (а также иначе связанными с этим брендом людьми).

Чем больше качественных рекомендаций из проверенных и достойных источников имеет бренд, тем выше степень его настоящей и будущей популярности, а следовательно, больше потенциальных возможностей для успешного продвижения продукции бренда в социальных сетях.

Таким образом, продвижение продукции в социальных сетях становится одним из наиболее современных и эффективных инструментов маркетинговой стратегии предприятия в условиях динамично развивающейся и нестабильной внешней среды.

СЕКЦИЯ VII МАРКЕТИНГ И КОРПОРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

ОСОБЕННОСТИ КРЕДИТОВАНИЯ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА ОАО «АСБ БЕЛАРУСБАНК»

А. Амирова, М. Федорович

Учреждение образования «Белорусский государственный университет», г. Минск

Научный руководитель Л. М. Лапицкая

ОАО «АСБ Беларусбанк» оказывает широкий спектр услуг в области кредитования юридических лиц и индивидуальных предпринимателей. Выдача кредитов производится путем: единовременного предоставления денежных средств; открытия кредитной линии (в том числе возобновляемой); овердрафтного кредитования в национальной валюте на цели, связанные с созданием и движением текущих (оборотных) активов. Диверсифицированность кредитного портфеля субъектов малого и среднего бизнеса по срокам выдачи представлена на рис. 1.

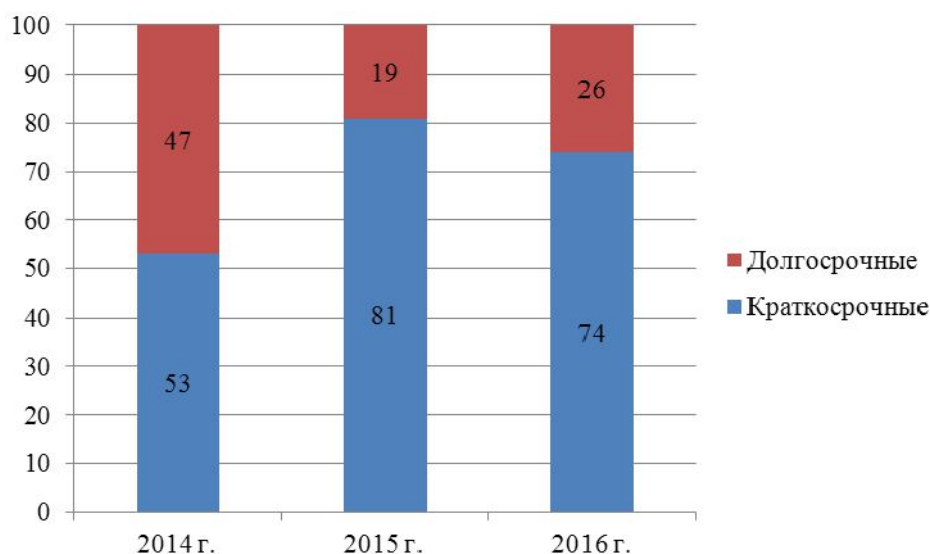


Рис. 1. Динамика структуры кредитного портфеля субъектов малого и среднего бизнеса по срокам выдачи в 2014–2016 гг.

Как видно из рис. 1, в 2016 г. произошли изменения в структуре кредитного портфеля юридических лиц – субъектов малого и среднего бизнеса по срокам выдачи кредитов в сторону увеличения удельного веса краткосрочных кредитов (с 53 % в 2014 г. до 74 % в 2016 г.) и снижения удельного веса долгосрочных кредитов (с 47 % в 2014 г. до 26 % в 2016 г.).

Структура кредитного портфеля субъектов малого и среднего бизнеса в ОАО «АСБ Беларусбанк» по отраслям народного хозяйства показывает, что ОАО «АСБ Беларусбанк» кредитует преимущественно малый и средний бизнес в промышленности – 36 % кредитного портфеля, в сферу торговли направлено 19 % кредитных ресурсов, в сферу строительства – также 19 %, а в сельское хозяйство – 8 %.

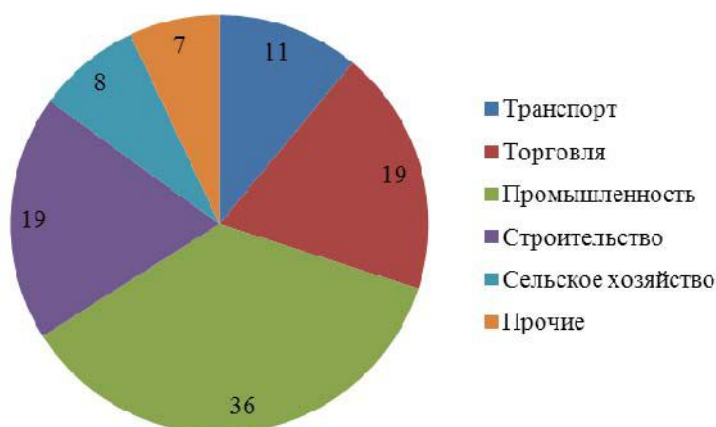


Рис. 2. Структура кредитования малого и среднего бизнеса по отраслям экономики в 2016 г., %

На рис. 3 отражено обеспечение кредитного портфеля субъектов малого и среднего бизнеса по данным за 2016 г.

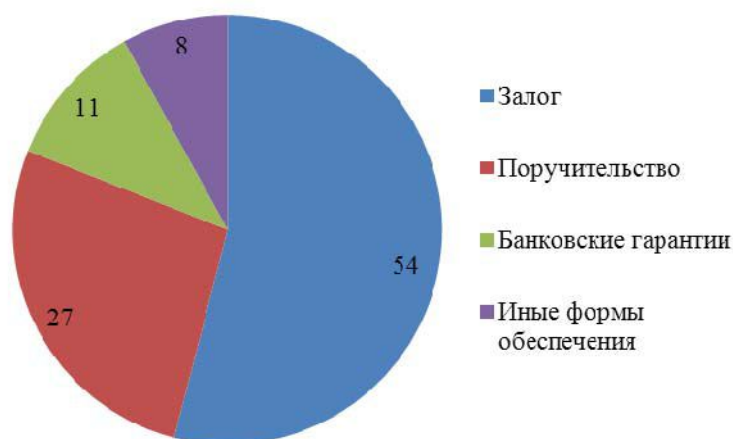


Рис. 3. Структура обеспечения кредитного портфеля субъектов малого и среднего бизнеса в 2016 г., %

Как видно из рис. 3, для обеспечения кредитов, выдаваемых субъектам малого и среднего бизнеса в ОАО «АСБ «Беларусбанк», преимущественно используется залог – 54 % кредитного портфеля, 27 % кредитного портфеля обеспечено поручительством, также применяются банковские гарантии и иные виды обеспечения. Следует отметить, что при кредитовании малого и среднего бизнеса в ОАО «АСБ «Беларусбанк» не получили распространения такие способы обеспечения исполнения обязательств, как гарантийный депозит, неустойка, также банк не осуществляет кредитование малого бизнеса без обеспечения. Одной из главных задач ОАО «АСБ Беларусбанк» в последние несколько лет является ограничение роста проблемных кредитов и доведение их до уровня, обеспечивающего устойчивое и безопасное функционирование банка. Динамика уровня проблемной задолженности по кредитам субъектам малого и среднего бизнеса приведена на рис. 4.

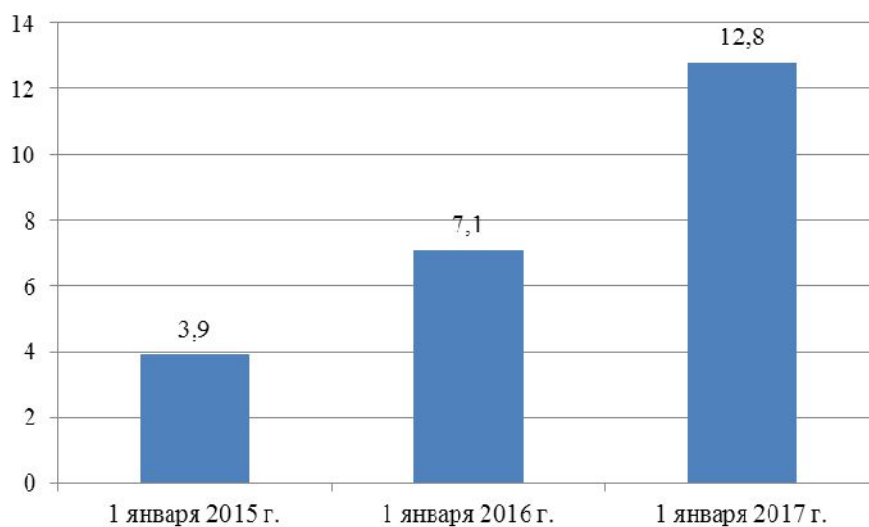


Рис. 4. Динамика уровня проблемной задолженности по кредитам малому и среднему бизнесу, %

Как видно из рис. 4, имеет место отрицательная динамика уровня проблемной задолженности по кредитам малому и среднему бизнесу в ОАО «АСБ «Беларусбанк». Так, если на 1 января 2015 г. доля проблемных кредитов составляла 3,9 %, то на 1 января 2017 г. – уже 12,8 %, что вызвало необходимость увеличения отчислений в резервы и поиска новых направлений работы с проблемными кредитами.

Итак, ОАО «АСБ Беларусбанк» – крупнейшее универсальное финансово-кредитное учреждение страны, которое предлагает своим клиентам более 100 видов банковских услуг и продуктов, в том числе по расчетно-кассовому обслуживанию, кредитованию, депозитным операциям, лизингу, факторингу, инкассации, международным и межбанковским расчетам, валютно-обменным и конверсионным операциям, операциям с банковскими картами, консалтинговые и депозитарные услуги.

Динамика финансовых результатов деятельности ОАО «АСБ «Беларусбанк» в целом положительна. Обеспечивается рост активов и капитала, увеличивается прибыль после спада в 2015 г., вызванного объективными факторами. В то же время уровень рентабельности активов и капитала свидетельствует о необходимости поиска резервов совершенствования управления банком.

В современных условиях важным направлением деятельности ОАО «АСБ «Беларусбанк» является кредитование малого и среднего бизнеса. Удельный вес малого и среднего бизнеса в корпоративном кредитном портфеле по итогам 2016 г. достиг 27,9 % против 21,6 % в 2014 г. При этом прослеживается тенденция увеличения доли краткосрочных кредитов. Преимущественно кредитуются малые и средние предприятия промышленности, торговли и строительства. В качестве обеспечения при кредитовании малого и среднего бизнеса в ОАО «АСБ «Беларусбанк» используется преимущественно залог, а также поручительство. Проблемой кредитования малого и среднего бизнеса в ОАО «АСБ «Беларусбанк» является рост уровня проблемной задолженности до 12,8 % на 1 января 2017 г.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРАНЗИТНОГО ТУРИЗМА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

О. А. Богдановская

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Е. Н. Карчевская

Транзитный туризм (трансграничный туризм) – это остановки туристов по пути следования к туристическому месту назначения. Географическое положение определенных стран дает возможность использовать международные транзитные коридоры, связывающие страны [1].

Рассмотрим примеры развития транзитного туризма на примере разных стран мира.

Страны Шенгенского соглашения пришли к общему выводу и создали специальную транзитную визу для тех случаев, если запланировали поездку в одно из государств Европейского Союза, не входящее в Шенгенское соглашение, однако ваш маршрут проходит через одно или несколько государств Шенгена (осуществление пересадки в аэропорту или поездка на наземном транспорте). Оформлять в этом случае такую визу следует в консульстве той страны Шенгенского соглашения, границу которой вы будете пересекать первой (наземный транспорт) [2].

Несколько лет назад правила транзита через Великобританию стали более строгими. Если раньше путешественник без визы мог позволить себе посмотреть Лондон, находясь там проездом, то с 2017 г. у него нет никакой возможности покинуть аэропорт. Но иногда можно обойтись без сложной процедуры получения разрешения в посольстве. Для россиян, украинцев, белорусов, казахстанцев (полный перечень можно посмотреть на сайте посольства) действует так называемая «визовая уступка».

Она применима при соблюдении таких условий: нахождение на территории страны не более 1 сут. (24 ч); использование одного вида транспорта (воздушным или водным, для наземного транспорта оформление визы обязательно); открытая виза в ту страну, которая является конечной целью, либо, если виза не нужна, квитанцию об оплате гостиницы.

Международный аэропорт Инчхон в Южной Корее рекомендует вместо утомительного ожидания рейса совершить увлекательное путешествие по Корее, которое позволит посетить главные туристические достопримечательности и познакомиться ближе с уникальной культурой страны.

Можно воспользоваться такой возможностью, даже если в наличии всего пара часов. В Корее много программ транзитного туризма, которые подойдут под любое расписание полетов. Аэропорт Инчхон (Корея) предлагает на выбор восемь бесплатных экскурсий по Сеулу и окрестностям продолжительностью от одного часа до пяти. Эти экскурсии учитывают все потребности туристов – знакомство с культурой, историей, небольшой шопинг, общение с местными жителями.

Если не успели заранее распланировать транзитное путешествие, то по прибытию в аэропорт Инчхон обратитесь на стойку информации с вывеской «Транзитный туризм», где быстро подберут наиболее подходящий тур. Из обилия предлагаемых туров можно выбрать тот, который заинтересует больше остальных – от осмотра культурных достопримечательностей до шопинг-тура.

Гонконг также предоставляет транзитным туристам кратковременные туры по городу. Буквально за час можно осмотреть основные достопримечательности города, находящиеся на доступном расстоянии от аэропорта. Возможность попробовать тра-

диционную кухню и насладиться видами Китая выманивает тысячи туристов, ожидающих свой рейс в аэропорту.

Китайская столица, а также соседние города центрального подчинения Тяньцзинь и провинция Хэбэй к концу 2017 г. введут шестидневный безвизовый режим для транзитных туристов.

На сегодня в Пекине проезжающим через него транзитом иностранным подданным можно оставаться без визы в два раза меньше: лишь трое суток. Новый режим распространится на граждан 51 страны, в том числе белорусов. Правила 144-часового безвизового пребывания прежние: иностранец должен следовать через КНР транзитом в третью страну, предъявить при въезде соответствующие проездные документы и не отправляться за пределы зоны действия безвизового режима в другие регионы КНР.

В 2016 г. 144-часовой безвизовый режим уже ввели китайская экономическая столица Шанхай, провинции Чжэцзян и Цзянсу.

Российское правительство в 2014 г. приняло законопроект, разрешающий транзитным туристам, прилетевшим в страну на самолете, оставаться в России на протяжении семидесяти двух часов без оформления туристической визы. Это поспособствовало увеличению въездного туристического потока иностранных граждан, следующих транзитом через московский транспортный узел.

Приезжающие в Германию иностранцы находятся здесь в течение двух-трех дней, что значительно ниже средней продолжительности пребывания иностранных туристов в других странах Западной Европы. Поэтому можно сделать вывод, что одной из распространенных форм туризма в Германии является транзитный туризм.

Из-за отсутствия визового режима Грузия является одним из лидеров транзитного туризма. Эта гостеприимная страна открыта для всех желающих насладиться ее красочными пейзажами и доброжелательностью местных жителей [2].

Служба иммиграционного и пограничного контроля Сингапура приняла решение разрешить гражданам СНГ въезд на территорию Сингапура без визы в случае транзита в третью страну.

Таким образом, можно сделать вывод, что зарубежные страны заинтересованы в развитии транзитного туризма и активно развивают его инфраструктуру [2].

Наша страна также имеет хорошие предпосылки для развития транзитного туризма. К ним в первую очередь относится ее географическое положение. Республика Беларусь – это государство, расположенное в центре Европы на пересечении трансъевропейских транспортно-коммуникационных коридоров, связывающих Северную Европу с южными регионами Европы, некоторыми государствами Азии, а также Западную и Центральную Европу с Россией и Азиатскими странами. Особенно важно на современном этапе развития транзитного туризма положение Беларуси между двумя крупнейшими регионами — Россией и Западной Европой, формирующими мощные встречные туристские потоки, проходящие через Беларусь.

Наиболее перспективным направлением для развития транзитного туризма является трасса Варшава–Брест–Минск–Москва, пересекающая Беларусь с юго-запада на северо-восток и делящая ее территорию на две приблизительно равные половины наподобие своеобразного экватора. Протяженность ее в пределах Беларуси составляет 610 км.

Литература

1. Зоны отдыха. – Режим доступа: <http://all.na.by/tranzitnyj-turizm-predposylki-i-napravleniya-razvitiya>. – Дата доступа: 10.12.2017.

2. Виды и объекты туризма. – Режим доступа: <http://konsulmir.com/vidy-i-obekty-turizma-obshhij-slovar-tayozhnyj-turizm-turizm/>. – Дата доступа: 10.12.2017.

КАДРОВЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОРГАНИЗАЦИИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

А. С. Бородуля, А. Ю. Фомина

*Учреждение образования «Белорусский государственный
университет», г. Минск*

Научный руководитель Л. М. Лапицкая

Предприятие может успешно и динамично развиваться с такими людьми, которые способны эффективно использовать сложные технологии, капитал и материалы. Именно человеческий капитал является краеугольным камнем в конкурентоспособности предприятия, экономическом росте и эффективности деятельности предприятия. Таким образом, любой экономический анализ предприятия не обходится без анализа кадрового потенциала предприятия. В отечественной практике практически отсутствует применение современных методик в работе с кадрами.

Кадровый потенциал является составной частью всей управленческой деятельности и производственной политики организации. Всем давно известно, что от успешной работы предприятий во многом зависит становление и развитие рыночных отношений в Республике Беларусь. Преуспевает то предприятие, у которого четко организованный, грамотный, преданный и дисциплинированный персонал, умеющий быстро перестраиваться и переучиваться. Из этого следует, что каждый руководитель предприятия, независимо от уровня профессиональной подготовки и знаний, а также практического опыта, должен владеть наукой управления, умением управлять своим персоналом.

Кадровый потенциал – совокупность качественных и количественных характеристик персонала, которые определяют его производительные возможности и используются для достижения целей организации, учитывая ее материально-технический, экономический и инновационный потенциал. Кадровый потенциал является составной частью производственного потенциала, и может быть измерен как с качественной, так и с количественной стороны. Качественная сторона трудового потенциала определяется стилем и методами управления, которые применяются руководителем, а также образовательным уровнем работников. Для качественной характеристики кадрового потенциала используют показатели физического и психологического состояния; объем общих и специальных знаний, трудовых навыков и умений (образовательный и квалификационный уровни, фундаментальность подготовки и т. п.); личностные характеристики персонала (ответственность, социальная зрелость, способность к сотрудничеству). Количественная сторона кадрового потенциала определяется: организационной структурой управления предприятием; численностью работников предприятия и ее динамикой; количеством рабочего времени, которое отработали работники предприятия за определенный период времени. Количественно оценку кадрового потенциала производят «путем перемножения численности кадрового состава на время, которое может отработать работник в течение года».

Кадровый потенциал предприятия – это целостное понятие, в котором выделяют ряд структур:

– функциональная структура, которая отражает разделение управленческих функций между руководством и отдельными подразделениями;

– организационная – состав и соподчиненность взаимосвязанных звеньев управления, включающие аппарат управления и производственные подразделения, перечень должностей и количественно-профессиональный состав;

– социально-экономическая структура – совокупность работников по полу, возрасту, социальному статусу, уровню образования и оплаты труда;

– неформальная структура – совокупность социально-психологических небольших групп работников предприятия, которые формируются спонтанно либо под влиянием психологических факторов для удовлетворения индивидуальных потребностей работников, которые по различным причинам не могут быть удовлетворены в рамках формальной структуры.

Основанием для отнесения работников к той или иной группе является та должность, которую они занимают. Все работники делятся на три категории, это объясняется тем, что они имеют различный уровень профессиональной подготовки и связанные с этим особенности трудовой деятельности:

– высокий уровень квалификации и профессиональный статус (высшее образование, стаж работы более 5 лет и т. д.);

– средний уровень профессиональной и квалификационной подготовки (колледж, курсы);

– минимальная профессиональная подготовка, малоквалифицированные рабочие.

При изучении кадрового потенциала особое значение имеет потенциал человека, это его способности, с одной стороны, и возможности их реализации – с другой. Формировать новые и развивать имеющиеся способности, которые конкретизированы на основе анализа их востребованности в интересах человека и предприятия – это и есть основа управления развитием кадрового потенциала. Механизм согласования этих интересов и планирование действий при управлении развитием кадрового потенциала представлен на рис. 1.

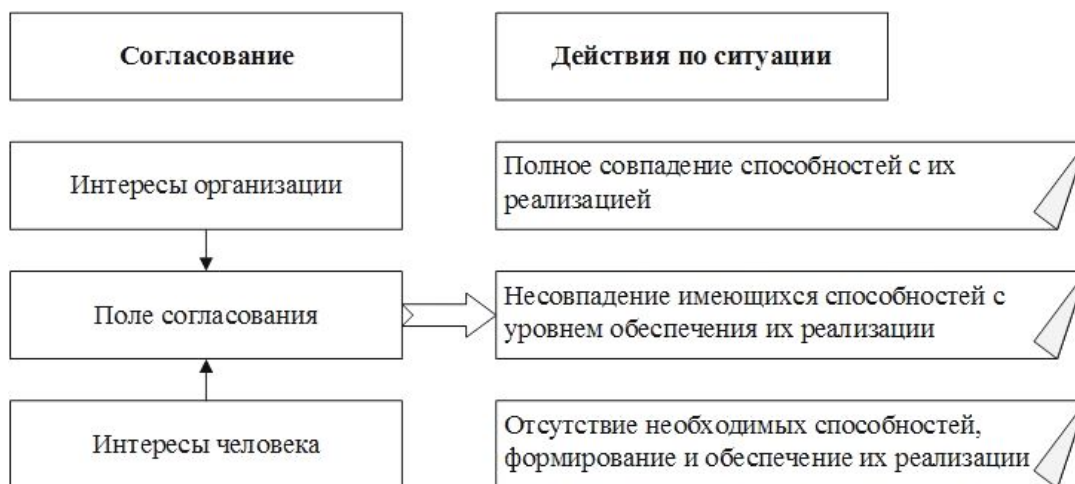


Рис. 1. Механизм планирования и развития кадрового потенциала

Поле согласования является ключевым моментом, в котором и происходит управление развитием кадрового потенциала путем мотивации, а также применения кадровых технологий. Представление о сущности потенциала устанавливает подход к его оценке, измерению и управлению. Действительно, когда потенциал рассматривается как совокупность ресурсов, его оценка заключается в установлении качест-

венных и количественных характеристик значений отдельных видов ресурсов, вдобавок их взаимное влияние не учитывается и не измеряется. Когда речь идет о системе ресурсов, то характеристики ее отдельных составляющих должны дополняться показателями, которые описывают всю систему в целом.

На формирование, а также использование кадрового потенциала большое влияние оказывают как внешние, так и внутренние факторы. В свою очередь внешние факторы делятся на общественно-политические (занятость населения), государственные и факторы рыночной системы. Государственные факторы (госрегулирование) осуществляются тремя группами методов: законодательные, административные, экономические (налогообложение, ценообразование и т. д.). Что касается рыночной ситуации, то она рассматривается как разработка новых подходов к формированию кадрового потенциала.

Кадры в современном мире являются главными в предприятии, а за пределами предприятия главные те, кто потребляет выпускаемую продукцию. Также важно иметь хорошую социально-демографическую обстановку в организации, которая характеризует структуру кадров предприятия.

В качестве внутренних факторов на формирование кадрового потенциала влияют все элементы аппарата управления персоналом, состоящего из таких компонентов: состав, структура и квалификация персонала; технология и стиль управления; планирование потребности в персонале; подбор и расстановка кадров.

Для эффективного формирования, использования и развития кадрового потенциала предприятия, в первую очередь, необходимо проводить оценку личностных и деловых качеств руководителя, также необходимо учитывать продолжительность работы самого руководителя в коллективе.

Категорию «кадровый потенциал» нельзя применить к отдельному индивиду. Она представляет собой характеристику системы формирования, распределения и использования кадров. По своей сути, кадровый потенциал предприятия составляет совокупность персонала, его способностей и возможностей для достижения поставленных целей.

Если смотреть на проблему с этой точки зрения, то необходимо рассмотреть понятие трудовых ресурсов. Трудовые ресурсы в Республике Беларусь – мужчины в возрасте от 16 до 59 лет и женщины от 16 до 54 лет. В состав трудовых ресурсов включают занятое население, находящееся за пределами рабочего возраста (подростки 14–15 лет и лица пенсионного возраста, способные трудиться, работающие пенсионеры). В связи с научно-техническим прогрессом произошел сдвиг трудоспособного возраста на 22–25 лет, что связано с получением не только среднего общего и специального образования, но и высшего, а также с необходимостью приобретения достаточных производственных навыков. От численности населения, режима его воспроизводства, состава по полу и возрасту зависит численность трудовых ресурсов.

Большинство людей, которые находятся в трудоспособном возрасте, обладают трудовым ресурсом. Под трудовыми ресурсами понимается та часть населения, которая имеет физическое развитие, умственные способности и знания, которые необходимы для работы в экономике. На практике «трудоспособное население отождествляется с трудовыми ресурсами».

Трудовые ресурсы являются основой формирования кадрового потенциала, а трудовой потенциал выступает, прежде всего, качественной характеристикой трудовых ресурсов, которые включаются в производство.

Кадровый потенциал как социально-экономическая категория отражает определенные отношения, возникающие между предприятием и обществом по поводу возможного и реального участия в различных видах деятельности.

Преимущество использования понятия «кадровый потенциал» заключается в том, что оно ограничено рамками определенного производства и относится, прежде всего, к той части трудовых ресурсов, которая уже включена (или готова включиться) в производственный процесс.

Последовательность этапов формирования и развития кадрового потенциала составляет жизненный цикл использования персонала или кадровый цикл.

Точная и обоснованная оценка КП должна обеспечивать грамотное управление персоналом для достижения целей инновационного развития. Однако ни один из методов не согласуется с требованиями инновационного развития; не учитывает возможности повышения КП на этапе приема на работу, возможности его повышения в процессе осуществления программ переподготовки и повышения квалификации; ориентируется на оценку характеристик персонала или рабочего места, не увязывая их между собой. Для устранения этих недостатков разрабатываются различные интегральные модели и развивается компетентностный подход.

УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ КУЛЬТУРЫ ПРЕДПРИЯТИЯ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА УДОВЛЕТВОРЕННОСТЬ СОТРУДНИКОВ

А. О. Гайкова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Н. П. Драгун

Каждое предприятие или организация является сложным механизмом, основой жизненного потенциала которой является организационная культура. Данная культура определяет то, ради чего люди стали членами организации, какую цель они преследуют, на каких принципах построена работа организации, что является положительным или отрицательным фактором в их деятельности.

Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года определяет, что главная цель – это человек, поэтому особое место отведено разработке действенных систем стимулирования, мотивации и организации труда высококвалифицированного персонала, росту уровня деловой культуры. Все это невозможно, если мы не начнем системно управлять организационной культурой, в связи с чем тема работы является актуальной [3].

Объект исследования – организационная культура филиала «Гомельская ТЭЦ-2» РУП «Гомельэнерго».

Цель работы – проанализировать уровень организационной культуры предприятия и удовлетворенность сотрудников.

Существует множество методик анализа организационной культуры предприятия. В настоящем исследовании анализ культуры произведен с помощью данных проведенного анкетирования, которое позволило выявить: уровень, на котором находится анализируемая организационная культура на основе экспресс-диагностики [1]; удовлетворенность работников по методике А. В. Батаршева [2, с. 103].

Анкетирование на выявление уровня организационной культуры позволяет оценить культуру по секциям: работа, коммуникации, управление и мотивация.

Проведя корреляционный анализ сектора «работа», была выявлена средняя зависимость между следующими факторами: оптимальная нагрузка и обустроенные рабочие места. Данная связь говорит о том, что для сотрудника необходимо, чтобы рабочее место обладало всем необходимым для работы, так как это позволяет эконо-

номить время на поиск нужного предмета труда, позволит повысить удовлетворенность работой и условиями труда, а также сделает работу интересной.

Далее рассмотрим корреляцию ответов сотрудников на вопросы анкеты, которая позволит определить уровень организационной культуры по секции «коммуникации». Между такими факторами, как поощрение двухсторонней коммуникации и бесперебойное получение внутрифирменной информации, имеется сильная взаимосвязь. Данная связь свидетельствует о том, что для сотрудника предприятия важным является вовремя и своевременно получать информацию, а также поддерживать хорошие отношения в коллективе, что позволит повысить удовлетворенность сотрудника в сфере коммуникаций, а также положительно скажется на уровне организационной культуры в целом по всему предприятию.

На предприятии наблюдается средняя взаимосвязь между поощрением непосредственного обращения к руководству и имеющимися должностными инструкциями. Это свидетельствует о том, что обращение к руководству регламентировано внутриорганизационными правилами, при которых не допускаются дружеские отношения между сотрудником и его руководителем. Данная ситуация снижает удовлетворенность персонала.

Проанализируем корреляцию ответов сотрудников на вопросы анкеты, которая позволит определить уровень организационной культуры по секции «управление». Анализ проведенного анкетирования позволил выявить, что на предприятии происходят нововведения в области принятия дисциплинарных мер в исключительных ситуациях (также это находит подтверждение в корреляционной связи, между этими двумя факторами наблюдается сильная связь $K = 0,683$). Руководство предприятия стремится к тому, чтобы дисциплинарные наказания использовались реже (только в исключительных случаях), а результатом старательного соблюдения сотрудником требований внутреннего трудового устава в последующий после дня объявления дисциплинарного взыскания период может быть как досрочная отмена наказания, так и автоматическая). Также большое количество сотрудников выступают за делегирование некоторых полномочий. Делегирование позволит сотрудникам максимально продуктивно использовать имеющиеся у них способности, знания и опыт.

При анализе сектора «управление» помимо сильной связи факторов была выявлена и средняя. Связь между детально организованной деятельностью и продуманной оценкой деятельности, а также связь между детально организованной деятельностью и дисциплинарными мерами является слабой. Это говорит о том, что на организованную деятельность организации данные факторы оказывают прямое влияние, т. е. чем более продуманной будет оценка деятельности работников, тем детальнее будет организована деятельность предприятия.

Далее рассмотрим корреляцию ответов сотрудников на вопросы анкеты, которая позволит определить уровень организационной культуры по секции «мотивация». Между хорошим взаимоотношением друг с другом и кооперацией, взаимопомощью между работниками существует сильная корреляционная связь. Это говорит о том, что сотрудники стремятся к общению друг с другом, однако имеются некоторые трудности, например, на предприятии часто случаются трудовые конфликты, поэтому руководству необходимо сосредоточить на этом внимание, так как повысив уровень кооперации и минимизировав трудовые конфликты, предприятие сможет повысить уровень организационной культуры и улучшить социально-психологический климат в коллективе.

В секторе «мотивация» также наблюдается средняя взаимосвязь между системой заработной платы. Это говорит о том, что заработная плата сотрудников предприятия находится на достаточно высоком уровне, однако есть некоторые проблемы.

Корреляционный анализ между всеми секторами организационной культуры позволил выявить, что все сектора организационной культуры взаимосвязаны, некоторые из них более сильной связью, некоторые более слабой. Работа и управление, управление и мотивация связаны между собой сильной связью и оказывают друг на друга более сильное влияние, нежели мотивация на коммуникацию.

На предприятии наблюдается высокий уровень культуры в секторах «работа», «управление» и «мотивация». Недостаточное внимание уделено сектору «коммуникация», что подтверждается низким коэффициентом корреляции.

Исследование удовлетворенности работников по методике А. В. Батаршева позволило получить следующие коэффициенты корреляции, на основании которых можно сделать вывод о том, что в сильной взаимосвязи находится удовлетворенность предприятием и удовлетворенность профессиональной компетенцией начальника. Профессиональная компетенция начальника является очень значимым фактором в деятельности организации, так как именно от него зависит будущее предприятия, уровень и тип организационной культуры, психологический климат в коллективе. Это один из важнейших факторов в появлении лояльности. Преданность возникает при уважении к своему руководству. Вызывает уважение справедливость оценок, отсутствие любимчиков, соблюдение правил самим руководителем, последовательность в достижении цели, ясность при постановке задач, ясность критериев оценки труда, способность конструктивно критиковать, способность выразить благодарность.

На удовлетворенность сотрудника предприятием, помимо профессиональной компетенции начальника, влияют и такие факторы как: условия труда, слаженность действий работников. Данные показатели также оказывают прямое влияние на удовлетворенность сотрудников в целом. Низкая удовлетворенность может привести к плохой производительности, конфликтам в коллективе, нарушению психологического климата, что может негативно сказаться на уровне организационной культуры.

Взаимосвязь уровня культуры и удовлетворенности сотрудников

Показатель	Уровень культуры	Удовлетворенность
Уровень культуры	1	–
Удовлетворенность	0,74	1

Источник: собственная разработка.

Из таблицы видно, что взаимосвязь удовлетворенности и уровня организационной культуры находится в сильной прямой зависимости, что свидетельствует о том, что вместе с ростом уровня организационной культуры будет и расти удовлетворенность персонала.

Заключение. Проведенное исследование показало, что организационная культура находится на достаточно высоком уровне, однако на предприятии часто случаются трудовые конфликты, поэтому руководству необходимо сосредоточить на этом внимание, так как повысив уровень кооперации и минимизировав трудовые конфликты предприятие сможет повысить уровень организационной культуры и улучшить социально-психологический климат в коллективе, что будет способствовать росту организационной культуры.

Для решения проблем, выявленных в ходе исследования, предлагается: создание корпоративного кодекса, посещение сотрудниками, введение должности психолога на предприятии.

Реализация данных мероприятий позволит снизить напряженность, связанную с работой и взаимоотношениями в коллективе, повысить уровень организационной культуры; уменьшить неудовлетворенность организацией трудовой деятельности, также сократить неудовлетворенность условиями труда и число конфликтов, приходящихся на одного работника; повысить производительность труда.

Литература

1. Васильева, В. Л. Из опыта применения экспресс-диагностики корпоративной культуры / В. Л. Васильева // VII Междунар. науч.-практ. конф. Корпоративная культура организации XXI столетия : сб. науч. ст. ; под ред. С. В. Ковалевского, 26–28 мая 2010 г. – Краматорск : ДДМА, 2010. – С. 74–78.
2. Батаршев, А. В. Диагностика профессионально важных качеств / А. В. Батаршев, И. Ю. Алексеева, Е. В. Майоров. – СПб. : Питер, 2007. – 192 с.
3. Национальная стратегия социально-экономического развития Беларуси до 2030 года : Постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 2 мая 2017 г., № 10 // Эталон-Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.

РАЗВИТИЕ МЕЖДУНАРОДНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Гао Яньцян

Учреждение образования «Белорусский государственный университет», г. Минск

Научный руководитель Л. М. Лапицкая

Железнодорожный транспорт – это самый быстрый наземный способ передвижения, который охватывает, используя максимально короткие пути, все крупные города Республики Беларусь и других стран. Данный способ доставки товаров и пассажиров наиболее привлекателен из-за возможности транспортировки грузов больших размеров и большого количества. Именно данные преимущества позволяют более широко использовать этот вариант доставки товаров почти во всех сферах промышленности, а также в повседневной жизни.

Железнодорожные перевозки – это также самый безопасный и наиболее удобный способ перевозки практически всех грузов. В железнодорожных перевозках любой клиент достаточно хорошо застрахован от потери либо повреждения перевозимого груза, товара, в отличие от других видов наземной перевозки. Перевозки грузов железнодорожным транспортом имеют существенные преимущества перед другими видами транспортировки особенно в том, что данный вид транспортировки обладает наибольшим разнообразием подвижного состава, что позволяет перевозить грузы любых параметров и на самые дальние расстояния.

Железнодорожный транспорт Республики Беларусь – наиболее развитой и технически оснащенный вид транспорта в нашей стране. Он является частью Евро-Азиатского железнодорожного комплекса.

«Белорусская чыгунка» – бренд с мировым именем. Сегодня пассажирское железнодорожное сообщение связывает Беларусь с Парижем, Ниццей, Берлином, Варшавой, Прагой, Бухарестом, Веной, а также столицами и административными центрами России, Украины, Литвы, Латвии, Казахстана.

В сообщении с Российской Федерацией, Украиной, Литвой, Латвией, Польшей и Казахстаном курсирует до 34 пар поездов постоянного обращения формирования Государственное объединение «Белорусская железная дорога». В том числе ГО «Бе-

лорусская железная дорога» формирует 6 международных фирменных поездов, из которых 5 в сообщении с Российской Федерацией и 1 со столицей Украины.

В последние годы система пассажирских железнодорожных перевозок в Беларуси значительно преобразилась. Сегодня перевозки пассажиров железнодорожным транспортом общего пользования осуществляются в следующих видах сообщений:

- городское (городские линии);
- региональное (региональные линии);
- межрегиональное (межрегиональные линии);
- международное (международные линии);
- коммерческое (коммерческие линии).

ГО «Белорусская железная дорога» является сложной организационной структурой с трехуровневой системой управления и многоотраслевым характером выполняемых работ.

Основной функцией железнодорожного транспорта является организация перевозок грузов и пассажиров. Для ее осуществления организации, входящие в состав ГО «Белорусская железная дорога», обеспечивают безопасность движения, сохранность грузов и подвижного железнодорожного состава, экологическую безопасность, своевременную перевозку пассажиров и доставку багажа, обслуживание пассажиров на вокзалах и в поездах, т. е. обеспечивают непосредственно осуществление перевозочного процесса и предоставление дополнительных услуг, связанных с качественным транспортным обслуживанием.

В настоящее время согласно действующим нормативным документам ГО «Белорусская железная дорога» осуществляет два вида деятельности: эксплуатационная деятельность (перевозки) и подсобно-вспомогательная деятельность.

ГО «Белорусская железная дорога» осуществляет разнообразную деятельность, связанную не только с перевозками, но и другую – второстепенную деятельность. К второстепенной деятельности относится деятельность, не связанная с осуществлением или обеспечением: общего технологического процесса перевозок, например, производство товаров народного потребления, подсобное сельское хозяйство. В составе работ данной группы могут быть и отдельные технологические операции тех или иных структурных подразделений железной дороги.

Потребителями продукции второстепенной деятельности являются юридические и физические лица, не входящие в состав организаций основной деятельности ГО «Белорусская железная дорога». Всю деятельность железной дороги можно классифицировать на следующие виды:

1) основная (эксплуатационная) деятельность – деятельность железнодорожного транспорта (код 60100);

2) дополнительная транспортная деятельность (учитывается по основной деятельности);

3) второстепенная деятельность (код определяется в соответствии с видом деятельности, соответствующей характеру выполняемых работ).

Аппаратом управления ГО «Белорусская железная дорога» является Управление ГО «Белорусская железная дорога», состоящее из 30 отраслевых служб, отделов и других структурных подразделений.

На рис. 1 представлена структура управления ГО «Белорусская железная дорога».



Рис. 1. Схема управления ГО «Белорусская железная дорога»

Выручка от реализации товаров, продукции, работ, услуг в ГО «Белорусская железная дорога» в 2016 г. составила 357282 тыс. р., что на 4307 тыс. р. меньше, чем в 2015 г., или на 1,19 % меньше объема 2015 г. Себестоимость реализованных товаров, продукции, работ, услуг составила 213319 тыс. р., что на 19932 тыс. р., или на 10,31 % больше, чем в 2015 г. Как видно при сокращении выручки на 1,19 % темп роста себестоимости на 9,12 % больше. В данном случае, при сокращении объемов продаж это отрицательная тенденция. Чистая прибыль за 2016 г. составила 6271 тыс. р., что на 13354 тыс. р. меньше, чем в 2015 г. Как видно из анализа, в 2016 г. за счет роста затрат при сокращении объемов продаж предприятие снизило размер чистой прибыли на 68,05 %.

Как указывают представленные данные в 2016 г. произошел рост отчислений в фонд накопления на 0,8 % и в фонд потребления на 2,1 %, в резервный фонд на 1,9 %. В то же время произошло сокращение отчислений в фонд риска на 4,8 %. Рентабельность главной деятельности (окупаемость затрат) в 2016 г. сократилась на 22,79 % и в 2016 г. составила 54,94 %. Данный показатель в 2016 г. показал падение. Рентабельность оборота (продаж) в 2016 г. составила 34,59 %, что на 6,98 % меньше, чем показатель 2015 г. Рентабельность (доходность) основного капитала в 2016 г. составила 1,22 %, что ниже показателя 2015 г. на 2,98 %.

Таким образом, отметим, что в 2016 г. предприятие работало намного хуже, чем в 2015 г., на что указывают рассчитанные показатели рентабельности. В целом следует отметить, что из двух анализируемых лет более эффективно ГО «Белорусская железная дорога» работало в 2015 г., а 2016 г. ознаменовался резким падением всех показателей эффективности.

Основной проблемой эффективности деятельности ГО «Белорусская железная дорога» является убыточность внутренних перевозок грузов и пассажиров, убыточность которых покрывается за счет международных грузоперевозок. 57 процентов пропускной способности железнодорожной сети в Республике Беларусь используется пассажирскими поездами, но в то же время они обеспечивают только 18 % доходов от перевозок. Грузовые перевозки используют только 43 % пропускной способности железнодорожной сети ГО «Белорусская железная дорога», однако обеспечивают 82 % доходов ГО «Белорусская железная дорога».

ГО «Белорусская железная дорога» является частью международной железнодорожной сети, расположенной на перекрестке II и IX Общеευропейских транспортных коридоров, по которым осуществляются основные перевозки грузов между странами Европы и Азии.

ГО «Белорусская железная дорога» успешно реализует совместные транспортно-логистические проекты обслуживания контейнерных перевозок между Европой и Азией. Как положительный результат следует рассматривать рост контейнерных перевозок в сообщении страны Европейского союза – Китай и обратно.

Важное значение ГО «Белорусская железная дорога» придает развитию и внедрению современных информационных технологий на основе электронных документов. ГО «Белорусская железная дорога» продолжает последовательную реализацию мероприятий по развитию терминальной и складской инфраструктуры. Сегодня ГО «Белорусская железная дорога» при организации грузовых перевозок в международном сообщении обеспечивает не только сохранность перевозимых грузов, но и установленные сроки доставки.

АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ ПОСРЕДСТВОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ «1С:БУХГАЛТЕРИЯ 7.7»

В. А. Горовая

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель О. В. Лапицкая

Все большее количество организаций переходит на автоматизированную форму ведения бухгалтерского учета. Использование персональных компьютеров для автоматизации бухгалтерского учета является важной составной частью системы информационного обеспечения всей деятельности предприятия.

Сам по себе бухгалтерский учет состоит из множества рутинных операций, связанных с многократным выполнением одних и тех же арифметических действий, подготовкой разнообразных по форме отчетных и платежных документов и переносом данных из одних документов в другие.

В настоящее время существует обширный рынок систем автоматизации бухгалтерского учета. Программные продукты по автоматизации бухгалтерского учета разработаны и предлагаются фирмами «Парус», «1-С», «Импульс-ИВЦ», «Галактика» и др.

Наиболее распространенной и универсальной, позволяющей проводить комплексную автоматизацию практически всех участков учета, выполнять весь спектр учетных задач – от ввода первичных документов до формирования отчетности, является программа «1С: Бухгалтерия 7.7».

Компонентность этой системы позволяет в каждом индивидуальном случае подобрать оптимальное решение, учитывающее специфику организации. Набор компонент может определяться индивидуально и впоследствии пополняться.

В исследуемой организации бухгалтерский учет не автоматизирован, что является большим минусом в ее работе, так как документы постоянно переписываются вручную. В связи с этим, по нашему мнению, основным направлением совершенствования организации бухгалтерского учета, в том числе и учета основных средств, в данной организации является переход на автоматизированную форму бухгалтерского учета с использованием программы «1С: Бухгалтерия 7.7».

Основным преимуществом данной программы является полная независимость от разработчика и способность работать при любых изменениях законодательства, что особенно важно для удаленных от крупных центров организаций.

Автоматизация системы учета требует серьезной методической работы по исследованию ее информационной составляющей, на проведение которой необходимы месяцы. Перевод организации на автоматизированную форму очень трудоемкий процесс, но в нынешних условиях развития экономики это просто необходимо.

Начало работы по внедрению автоматизированной формы учета может быть осуществлено по состоянию на первое число месяца, квартала, хотя предпочтительнее с начала года, когда выявлен результат производственно-финансовой деятельности предприятия и распределена прибыль.

Формирование данных о движении основных средств в бухгалтерском учете невозможно без использования нормативно-справочной информации.

Нормативно-справочная информация в программе «1С: Бухгалтерия 7.7» содержится в системе «Главный бухгалтер» и представлена справочниками основных средств, материально ответственных лиц, объектов строительства, строительных затрат, классификатором. В процессе решения задач также используются справочники статей затрат; ставок НДС; контрагентов и др.

В программе «1С: Бухгалтерия 7.7» справочник «Основные средства» является аналогом картотеки основных средств. Программа предусматривает два варианта ввода информации в справочник:

- справочная информация подготавливается предварительно, а затем осуществляется ввод операций и документов;
- справочная информация вводится непосредственно во время ввода бухгалтерских операций и документов.

Поскольку справочник является двухуровневым, имеется возможность обеспечения дополнительной группировки основных средств. В качестве групп основных средств можно определить типовые классификационные группы: здания, сооружения, передаточные устройства, машины и оборудование и т. п.

Для определения принадлежности основного средства к типовым группам в справочнике предусмотрен реквизит «Группа», который позволяет организовать учет наличия и движения основных средств по классификационным группам. В этих условиях определяющим фактором при группировке элементов справочника должно быть удобство доступа к справочной информации.

Операции по учету основных средств оформляются с использованием ряда документов раздела «Учет основных средств». Это такие документы как: «Поступление основных средств», «Ввод в эксплуатацию / дооборудование ОС», «Внутреннее перемещение ОС», «Начисление амортизации ОС», «Переоценка ОС (годовая)», «Выбытие ОС», «Ликвидация ОС». Просмотреть, обработать созданные ранее документы, ввести новые можно через журнал «Основные средства».

Документ «Поступление основных средств» предусматривает возможность ввода как одного объекта основных средств, так и нескольких по нескольким статьям затрат. Документ автоматически формирует корреспонденции счетов на сумму поступления без НДС на сумму НДС по указанной пользователем ставке. Сумма поступления с НДС рассчитывается автоматически.

Расчет амортизации выполняется с использованием документа «Начисление амортизации ОС». Документ формируется один раз в месяц. В шапке документа пользователь может выбрать из соответствующих справочников материально-ответственное лицо и структурное подразделение, по которым система автоматически произведет отбор объектов основных средств, подлежащих начислению амортизации в отчетном периоде. Ведомость учета амортизации ОС формируется как специализированный выходной документ по выбранному из списка подразделению

либо по организации в целом, по конкретному материально-ответственному лицу либо по всем.

Операции продажи, безвозмездной передачи, внесения в качестве вклада в уставный капитал основных средств оформляются документом «Выбытие ОС», ликвидация — документом «Ликвидация ОС». Экранная форма документа «Выбытие ОС» существенно зависит от выбранной причины выбытия. Процесс ликвидации ОС предусматривает выполнение действий, связанных со снятием с баланса стоимости основного средства и начисленной по нему амортизации, оприходования полученных в результате выбытия материалов и драгметаллов, а также документальное оформление в виде акта ликвидационной комиссии

Бухгалтерский учет основных средств ведется на счете 01 «Основные средства» по первоначальной (восстановительной) стоимости. Прежде чем приступать к вводу операций по учету основных средств, следует обратиться к существующей настройке плана счетов и аналитического учета для данного счета.

Существующая настройка предполагает ведение аналитического учета в разрезе одного вида субконто – номенклатуры «Основные средства». Данному виду субконто соответствует одноименный справочник. Этот справочник является двухуровневым, что позволяет организовать учет наличия и движения основных средств по классификационным группам и по каждому инвентарному объекту.

Для обобщения информации по счету 01 «Основные средства» в качестве выходной информации будут формироваться следующие регистры учета: «Оборотно-сальдовая ведомость по счету 01», «Анализ счета 01 по субконто» и «Карточка счета 01».

Оборотно-сальдовая ведомость по счету 01 представляет собой учетный регистр, в котором выводятся остатки на начало, обороты по дебету и кредиту и остатки на конец за установленный период по конкретным объектам аналитического учета (субконто). Данную ведомость можно формировать за каждый отчетный месяц. По оборотно-сальдовой ведомости можно проконтролировать правильность применения счетов бухгалтерского учета. Для счетов, по которым ведется аналитический учет, можно установить режим, при котором информация об остатках и оборотах показывается в разрезе отдельных объектов.

Отчет «Анализ счета 01 по субконто» предназначен для анализа остатков на счете и оборотов с корреспондирующими счетами за период в разрезе объектов аналитического учета. Данный отчет представляет собой таблицу, в которой для каждого субконто содержатся остатки на начало и конец периода, а также обороты счета с другими счетами за установленный период. Для учета и анализа операций по движению основных средств во времени предназначен отчет «Анализ счета по датам».

Таким образом, автоматизация учета основных средств позволяет оперативно и с небольшими затратами времени получать достоверную информацию об их наличии и движении по видам, группам и инвентарным номерам как в целом по организации, так и по ее структурным подразделениям и материально ответственным лицам; автоматически производить расчеты амортизации по видам основных средств; осуществлять переоценку основных средств; получать ведомости, заменяющие ручные регистры и позволяющие заполнять формы отчетности по учету основных средств. Поэтому одним из направлений совершенствования учета основных средств в исследуемой организации является переход на автоматизированную форму учета.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОМАНДЫ

К. А. Грищенко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель В. В. Клейман

В современных экономических условиях предприятиям требуются определенные усилия, чтобы выжить. Необходимыми условиями выживания компании становятся гибкость, адаптивность к быстро меняющимся условиям рынка, повышение производительности труда и умение творчески развиваться [4, с. 99].

В настоящее время основным методом развития командной работы является тимбилдинг или система командообразования, благодаря которой создаются и корректируются установки сотрудников организации и выравниваются компетентности в области командного менеджмента.

Цель работы: изучить социально-экономическую сущность командообразования и современные технологии повышения работы команды.

Идею командных методов работы специалисты высокоэффективного менеджмента стали рассматривать более полувека назад. Первые исследования командной деятельности, опубликованные в начале 1960 гг., были посвящены поискам способов повышения эффективности и продуктивности управленческого труда [1, с. 2].

Считается, что первые тимбилдинги (тренинги по сплочению коллектива и созданию команды) появились в США и использовались для подготовки военных и сотрудников спецподразделений. Сейчас тимбилдинг стал более массовым, доступным и демократичным [3, с. 15].

Тимбилдинг (от англ. *teambuilding* – «построение команды») – это мероприятия, направленные на создание определенной атмосферы в коллективе, которая будет способствовать достижению общих целей и сплочению персонала.

Основными блоками тренингов тимбилдинга могут быть: совместное планирование и распределение ответственности в команде; умение договариваться, видение общей цели; ролевое распределение в команде; эффективное исполнение командных задач; рациональное использование командного ресурса; контроль выполнения поставленных задач; принятие ценностей компании [4, с. 101].

Тимбилдинг может быть направлен как на обучение топ-менеджеров, так и на проведение мероприятий для всего коллектива.

Тренинги командообразования для топ-менеджеров и руководителей способствуют развитию лидерских качеств у сотрудников компании, способности быстро принимать решения в нестандартных ситуациях, умение ориентировать каждого члена команды на наиболее свойственные им роли.

Мероприятия для всего персонала, по мнению специалистов, помогают выявить и решить скрытые и явные конфликты, определить роли, оценить сильные и слабые стороны коллектива. Сотрудники вместе овладевают методами группового решения задач – «мозговым штурмом», приемами планирования и контроля над выполнением намеченного.

Тимбилдинг как проект имеет две стадии. Первая – создание коллектива при открытии организации. Вторая – ежедневная работа по поддержанию «командного духа», укреплению взаимоотношений и смягчению конфликтных ситуаций.

В зависимости от того, как и с какой целью осуществляется проведение тимбилдинга, его можно разделить по классификационным признакам. Из них можно выделить два основных:

1. По эффекту:
 - мотивационный (цель упражнений – бросить вызов участникам);
 - эмоциональный (упражнение должно способствовать поднятию настроения или выбросу адреналина);
 - тестировочный (направлен на выявление скрытых ресурсов).
2. По способу:
 - в помещении (офис или специально подготовленное помещение);
 - на открытом воздухе.

В последнее время наиболее популярным видом тимбилдинга являются «веревочные курсы», включающие большое количество физических упражнений [1, с. 2, 3, 6]. Веревоочным этот вид командного взаимодействия называется потому, что в нем активно задействованы веревки и другое альпинистское снаряжение. Веревоочный курс – это тренировка таких навыков как:

- эффективная коммуникация: умение слушать и активно высказываться;
- умение подчиняться командному решению;
- навык нести персональную ответственность в команде;
- делегирование полномочий;
- разрешение проблем, конфликтов;
- принятие решения (практика лидерства);
- создание доверительных отношений;
- умение мыслить нестандартно и творчески.

Курс может быть как низким, так и высоким.

Серия упражнений низкого курса подготовлена таким образом, что перед группой становятся различные, разнообразные задачи. К примеру, сначала на преодоление высокого препятствия всей командой, затем – на совместные действия, требующие особой степени внимания и терпения, потом на личную активность каждого, далее – на поиск креативного решения в сложной ситуации, либо на скорость, на которую все члены команды не способны, и т. д. [3, с. 17, 18]. А также существуют задачи верхнего курса, которые, безусловно, более сложные по технике проведения, подготовке площадки и технике исполнения.

Ключевой процедурой программы тимбилдинга являются деловые игры, где требуется решение определенной задачи, достижение поставленной цели.

Следует отметить, что в настоящее время используются в большинстве случаев имитационные игры, имеющие следующий алгоритм – конкуренция внутри команды на первой стадии игры, кооперация на второй стадии за счет понимания общей цели; и сплочение на третьей стадии за счет противостояния негативным обстоятельствам либо другой команде [1, с. 12–13].

Также стоит обратить внимание на особую роль руководства, которое заключается в налаживании контактов между всеми участниками команды, чтобы она смогла существовать и работать самостоятельно. Для этого следует наладить правильную и двустороннюю коммуникацию между членами команды и руководителями. Руководство должно координировать профессиональный рост каждого участника команды, в том числе посредством своевременной внутрикомандной смены ролей. Все это является необходимыми условиями для построения высококвалифицированной и гибкой команды, способной своевременно реагировать на изменения внешней и внутренней среды.

На первой стадии – тимскилс – предполагается формирование и развитие у сотрудников организации навыков командной работы, являющихся, по своей сути, фундаментом для внедрения командного менеджмента.

На второй стадии – тимспирит – необходимо сосредоточить усилия на формирование командного духа, что предполагает систематическую работу по поддержанию и укреплению коллегиальных взаимоотношений, сплоченности и доверия между участниками команды [2, с. 5].

Анализ опыта работы отечественных предприятий позволяет представить наиболее эффективные тренинги, направленные на сплочение и взаимопонимание команды.

Например тренинг «Построиться!». Целью тренинга является выработка умения работать в команде, а также достижение взаимопонимания.

Ведущий говорит «Построиться!» и добавляет, по какому признаку. Могут быть выбраны следующие признаки: построиться квадратом, треугольником, кругом, птичьим косяком, буквой «М», по росту, по цвету волос.

После выполнения тренинга необходимо обязательно наладить обратную связь и коммуникацию. Это можно сделать, например, с помощью вопросов:

- В чем была сложность, а в чем – легкость данного упражнения?
- Какую роль вы на себя взяли – организатора, который перестраивал других людей, или подчиняющегося?

Таким образом, можно сделать вывод, что внедрение тимбилдинга в деятельность организаций является эффективным методом активизации деятельности персонала, так как формирование команды на предприятии – это возможность качественно изменить существующую систему управления, выстроить наиболее продуктивную форму организационного взаимодействия на персонал, обеспечить эффективную деятельность и повысить конкурентоспособность предприятий.

Л и т е р а т у р а

1. Демьянченко, Н. В. Тимбилдинг как современный метод командного менеджмента организаций сферы услуг / Н. В. Демьянченко, О. П. Шевченко // Наукоеведение : интернет-журн. – 2011. – № 2 (1). – 14 с.
2. Ленская, И. Ю. Преимущества использования командного менеджмента и особенности применения тимбилдинга в процессе стабилизации персонала современных организация / И. Ю. Ленская // Наукоеведение : интернет-журн. – 2017. – Т. 9, № 1. – 14 с.
3. Мосягина, А. Ю. Тим-билдинг своими руками / А. Ю. Мосягина. – Иркутск : Сибиряк, 2013. – 210 с.
4. Картушина, Е. Н. Командообразование как потребность в современном процессе управления персоналом / Е. Н. Картушина // Социал.-экон. явления и процессы. – 2013. – № 5. – С. 99–102.

ВЫЯВЛЕНИЕ ЗНАЧИМОСТИ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ САНАТОРНО-КУРОРТНЫХ ХОЗЯЙСТВ

А. А. Сулова, А. В. Домород

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Л. Л. Соловьева

Санаторно-курортное обслуживание в настоящее время играет значительную роль в активизации внутреннего потребления и экспорта услуг лечебно-оздоровительного туризма.

В мире наблюдается рост интереса туристов к лечебно-оздоровительному туризму. Лечебно-оздоровительный туризм осуществляется с целью укрепления здоровья и предусматривает пребывание в санаторно-курортных учреждениях.

Актуальность данной работы выражается в том, что огромное количество людей нуждается не просто в отдыхе, но и в оздоровлении. А так как ритм современной жизни напряженный, то и нужда в восстановлении своих сил растет. Решение данных проблем находится в оздоровительном туризме. В большинстве случаев это отдых и оздоровление, лечение в санаторно-курортных организациях.

Целью оздоровительного туризма является профилактика заболеваний и отдых. Он характеризуется большей продолжительностью поездки, посещением меньшего количества городов и большей длительностью пребывания в одном месте, т. е. наряду с проведением досуга предусматривает отдых.

Анализ работы предприятий санаторно-курортного хозяйства, согласно результатам маркетинговых исследований, был проведен на основании количественных и качественных показателей [1]. В ходе исследования были предложены следующие критерии оценки санаторно-курортных хозяйств:

1) санаторное лечение: основные методы лечения; диагностика; процедуры; укомплектованность врачами согласно медицинскому профилю; лечебные кабинеты; дополнительные услуги;

2) организация питания: организация диетического питания; качество пищи; наличие заказного меню; организация приема пищи в одну смену;

3) организация досуга: наличие объектов проведения досуга; взаимосвязь с организациями сферы туристической деятельности; организация спортивно-оздоровительной работы; наличие работников соответствующего направления;

4) наличие и использование природных лечебных факторов: климатолечение; грязелечение; применение природной минеральной воды; наличие бювета минеральной воды;

5) расположение: наличие природных объектов; удаленность от крупных населенных пунктов; чистота территории;

6) инфраструктура: наличие объектов инфраструктуры; состояние; доступность и освещенность.

Был проведен опрос отдыхающих ДУП «Санаторий «Ченки» с целью выявления значимости критериев оценки конкурентоспособности санаторно-курортных хозяйств.

Расчет выборки осуществлялся при помощи программы «Калькулятор расчета выборки» [2]. При доверительной вероятности 85 %, погрешности 5 %, генеральной совокупности 96400 человек (количество размещенных лиц в санаториях Гомельской области) объем выборки составил 207 человек.

Результаты опроса представлены в табл. 1, где в ячейках указано, какое количество человек считает, что тот или иной критерий должен иметь определенный ранг.

Таблица 1

Распределение ответов респондентов на ранжирующий вопрос

Ранг	1	2	3	4	5	6
Санаторное лечение	155	25	25	25	0	0
Организация питания	25	82	52	24	3	21
Организация досуга	23	24	22	75	51	12
Наличие и использование природных лечебных факторов	0	14	69	28	23	73
Расположение	0	0	0	5	74	128
Инфраструктура	0	24	22	76	49	36

Источник: собственная разработка.

Из табл. 1 видно, что 155 человек считают, что санаторное лечение является наиболее важным, также по 25 человек присвоили данному критерию 2, 3 и 4 место. На 2-е место по степени важности при выборе санатория 82 человека поставили организацию питания и 52 человека поставили данный критерий на третье место. Наличие и использование природных лечебных факторов 69 человек присвоили 3-й ранг важности и 73 человека 6-й ранг. Также 62 % опрошенных считают, что расположение санаторно-курортной организации сыграет наименьшую роль при выборе отдыха и оздоровления. 37 % респондентов поставили на 4-е место по важности при выборе организации оздоровления и отдыха инфраструктуру в санатории.

Однако для того, чтобы перенести эти данные на всю генеральную совокупность, необходимо рассчитать согласованность мнений экспертов. В этом случае расчет коэффициента конкордации будем производить по формуле (1):

$$W = S/S_{\max}, \quad (1)$$

где S – суммарное квадратическое отклонение; S_{\max} – максимальное квадратическое отклонение.

Суммарное квадратическое отклонение находим по формуле (2):

$$S = \sum (\sum a_{ij} - 1/2p(m + 1))^2, \quad (2)$$

где a_{ij} – суммарный ранг важности; p – количество экспертов (респондентов); m – количество оцениваемых объектов (критериев).

Максимальное квадратическое отклонение находим с помощью формулы (3):

$$S_{\max} = 1/12mp^2 (m^2 - 1). \quad (3)$$

Суммарный ранг важности отобразим в табл. 2.

Таблица 2

Суммарный ранг важности

Критерий оценки	a_{ij}
Санаторное лечение	380
Организация питания	582
Организация досуга	764
Наличие и использование природных лечебных факторов	900
Расположение	1158
Инфраструктура	879

Был проведен расчет коэффициента конкордации, который составил 0,684. Это свидетельствует о том, что мнения экспертов согласованы на 68,4 %, т. е. согласованность мнений респондентов можно считать удовлетворительной и переносить результаты на всю генеральную совокупность.

Исходя из табл. 2 видно, что на первое место отдыхающие ставят общее санаторное лечение, так как суммарный ранг важности данного критерия составил 380, что является наименьшим. Второе место занимает организация питания, так суммарный ранг важности данного критерия составил 582. Третье место занимает организация досуга – суммарный ранг важности составил 764. На четвертое место респон-

денты расположили инфраструктуру – суммарный ранг важности составил 879. Пятое место занимает наличие и использование природных лечебных факторов, так суммарный ранг важности данного критерия составил 900. На последнее место респонденты поставили расположение с суммарным рангом важности 1158.

Для расчета весовых показателей использовалась формула Фишберна (4):

$$W_i = 2(n - r_i + 1)/(n(n + 1)), \quad (4)$$

где W_i – весовой показатель; r_i – ранг показателя объекта, 1 – наиболее предпочтительному объекту, последний – наименее предпочтительному; n – общее количество показателей.

Все расчеты отобразим в табл. 3.

Таблица 3

Расчет весового показателя оценки конкурентоспособности

Критерий оценки конкурентоспособности	r_i	Расчет	W_i
Санаторное лечение	1	$2(6 - 1 + 1)/(6 \times 7)$	0,29
Организация питания	2	$2(6 - 2 + 1)/(6 \times 7)$	0,23
Организация досуга	3	$2(6 - 3 + 1)/(6 \times 7)$	0,19
Наличие и использование природных лечебных факторов	5	$2(6 - 5 + 1)/(6 \times 7)$	0,1
Расположение	6	$2(6 - 6 + 1)/(6 \times 7)$	0,05
Инфраструктура	4	$2(6 - 4 + 1)/(6 \times 7)$	0,14
Сумма	21	–	1

Источник: собственная разработка.

Таким образом, в табл. 3 приведен расчет весовых показателей оценки конкурентоспособности и выявлена их значимость. Данные исследований и расчетов можно использовать при определении конкурентоспособности санаторно-курортных хозяйств как Гомельской области, так и всей Республики Беларусь. В дальнейшем планируется провести исследования и расчеты по выявлению значимости критериев единичных показателей оценки конкурентоспособности санаторно-курортной организации путем проведения опроса оздоравливающихся в санаториях.

Л и т е р а т у р а

1. Голубков, Е. П. Маркетинговые исследования: теория, методология и практика / Е. П. Голубков. – М. : Финпресс, 1998. – 416 с.
2. Маркетинг консалтинг / Калькулятор выборки. – Режим доступа: <http://surin.marketolog.biz/calculator.htm>. – Дата доступа: 01.04.2018.

РАЗВИТИЕ ДЕТСКОГО ТУРИЗМА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**Е. Д. Дорофеева***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Н. И. Исайчикова

Детский туризм – организованное путешествие группы детей школьного возраста (от 7 до 17 лет) в сопровождении руководителя. В современных условиях существует в новых формах: образовательного детского туризма с целью изучения иностранного языка; оздоровительного детского туризма в спортивных и летних лагерях, расположенных как на территории нашей страны, так и за рубежом; экскурсионно-познавательного детского туризма и т. д. [1].

Несмотря на имеющийся туристский потенциал, выгодное геополитическое положение, наличие богатого культурного и природного наследия, республика занимает весьма скромное место на мировом туристском рынке и существенно отстает от соседних государств. Из 15 тысяч объектов культурного и природного наследия в туристских целях используется менее 5 процентов. Сохраняется тенденция к преобладанию выездного туризма над въездным. Так, в 1999 г. число туристов, выезжавших за пределы республики, составило 934 тыс. чел., а число иностранных туристов, посетивших Республику Беларусь, – всего 76 тысяч.

В экономике Беларуси туризм играет не первостепенную роль: доходы от него в структуре ВВП составляют лишь 0,5 %, в общем товарообороте сферы услуг – около 10 %. Эти же показатели во многих развитых странах в среднем составляют 7 и 25 % соответственно. Тем не менее, в последние годы в стране отчетливо складывается рынок туристских услуг.

В Республике Беларусь детский туризм недостаточно развит, следовательно, можно утверждать, что страна не может конкурировать со странами Восточной и Западной Европы.

Создание массового детского туризма в республике началось в 30-х гг. XX в. Происходило это в связи с тем, что в школах экскурсии получают широкое распространение как метод обучения и одна из форм внеклассной работы. Основным направлением школьных экскурсий было краеведение. Первая в Минске туристско-экскурсионная база, рассчитанная на 1100 человек, была открыта в 1936 г. [2].

Освещением вопросов детского туризма занимались такие журналы, как «Асвета» и «Камуністычнае выхаванне». Эти издания систематически содержали материалы по вопросам организации и проведения детского туризма.

Основной особенностью детского и юношеского туризма в Республике Беларусь является возраст несовершеннолетних потребителей.

Весь детский туризм Республики Беларусь можно разделить на две большие группы: оздоровительный и экскурсионный. Экскурсионные туры пользуются наибольшим спросом во время школьных каникул – зимних, весенних и осенних, майских праздников, а также в начале лета. Массовый вид летнего детского отдыха – оздоровительные лагеря и центры детского отдыха. Сюда же относятся детские спортивные центры, лагеря санаторного типа, специализирующиеся на профилактическом лечении.

Рассмотрим динамику развития детского туризма в Республике Беларусь. Данные для анализа представлены в таблице.

**Динамика развития детского туризма в Республике Беларусь
за период 2014–2016 гг.**

Показатель	Год		
	2014	2015	2016
Количество детских санаториев	7	7	7
Число летних оздоровительных лагерей	5967	6058	6027
Количество детей, отдохнувших в оздоровительных лагерях за лето	369,6	362,0	360,3

Источник: [3].

В данной таблице представлена динамика развития детского туризма в Республике Беларусь. Из таблицы видно, что в 2016 г. по сравнению с 2014 г. сократилось количество детей, отдохнувших в оздоровительных лагерях за лето.

В Беларуси есть специализированные санатории, которые разделяются по лечебным профилям. Например, здравницы «Росинка», «Случ», «Надежда», «Солнышко» и др. Наибольшее количество санаториев располагается в Брестской области. Здесь родители с детьми смогут отдохнуть в таких здравницах, как «Свитанок», «Белая вежа» и «Ружанский». В Витебской области находятся санатории «Летцы» и «Боровое». В Гродненской области функционирует санаторий «Радон», который известен своими лечебными грязями. В Минской области санаториев тоже предостаточно. Среди самых популярных: «Белорусочка», «Белая Русь», «Березка» и «Лазурный» [4].

Помимо санаториев и здравниц в Беларуси располагается огромное количество частных домов, коттеджей, усадеб и отелей, где можно с комфортом отдохнуть всей семьей.

Также существует множество спортивных организаций, которые организуют различные поездки, соревнования.

Нельзя не отметить мягкий климат Беларуси, который также является немаловажным фактором для развития детского туризма. Климат республики предоставляет пригодные условия для отдыха детей. Достаточно теплое лето позволяет детям насладиться всеми прелестями отдыха в детских лагерях, спортивных лагерях, также дети могут поучаствовать в походе.

В Республике Беларусь имеется огромное разнообразие детских лагерей. Это и спортивные лагеря, в которые ребенок едет от секции или кружка, оздоровительные лагеря.

Также существуют так называемые гайд-лагерь и лагерь бойскаутов. Данные лагеря напоминают чем-то пионерские лагеря. Однако существует отличительная особенность – разделение по половому признаку, т. е. в гайд-лагерь ездят только девочки, а в лагере бойскаутов, соответственно, мальчики. Данные лагеря были организованы по образу американских детских лагерей.

Для отдыха в Беларуси с детьми можно выбрать одну из туристических баз. Данный вариант подойдет тем, кто не любит степенных прогулок по окрестностям и предпочитает более активный отдых. Катание на лошадях, водные виды развлечений, экскурсии, посещение тренажерных залов и мероприятия, ориентированные на юных отдыхающих, подойдут для совместного отдыха с родителями.

В настоящее время самыми популярными предложениями на рынке услуг организованного детского туризма являются санатории и оздоровительные центры, а в летний период – Болгария. Значительно меньшая часть туристических фирм занимается подбором туров в Европу для детей. Также практически все туристические фирмы работают с детьми в группах и очень сложно найти вариант только для одного или нескольких детей.

Немаловажным фактором для развития детского туризма является демографическая ситуация Республики Беларусь, для данного анализа нас интересует возрастная категория от 7 до 15 лет, которая является основным сегментом детского туристического рынка. По данным демографических исследований численность детей в возрасте до 15 лет будет уменьшаться вплоть до 2009 г., а начиная с 2010 г. она вновь начнет расти. Существующий прогноз демографической обстановки в Беларуси кардинально не изменит рынок потребителей детского туризма, однако сможет оказать существенное влияние на рыночную конкуренцию, а точнее, усилит конкурентную борьбу.

В основном продвижение услуг детского туризма в Республике Беларусь происходит за счет распространения информации в детских садах и школьных учреждениях. Существенным недостатком при данном способе является так называемая «игра в слепую», потребитель не знает, у кого он приобретает туристический продукт, работая через посредников. Однако существует и положительная сторона: большой охват потенциальных потребителей.

Следует заметить, что многие туристические объекты работают и осуществляют свою деятельность не через туристические фирмы, а напрямую с потребителем и покупателем.

Таким образом, рынок детского туризма имеет множество направлений, но сохраняет за собой возможности для развития данной отрасли. Следует заметить, что детский туризм является неотъемлемой и одной из самых значимых отраслей туризма в целом.

Также можно сказать, что среди школьников набирает популярность выездной детский туризм, т. е. родители отправляют своих детей отдыхать за пределы страны. В свою очередь, детский внутренний туризм достаточно хорошо развит в нашей стране.

Литература

1. Онлайн-словари Бюро технических переводов PERFECT в Москве. – Режим доступа: <http://www.perfekt.ru/index.html/>. – Дата доступа: 24.09.2017.
2. Развитие детского туризма в Республике Беларусь / Развитие детского туризма. – Минск, 2016. – Режим доступа: <http://referat.niv.ru/view/referat-sport/239/238886.htm/>. – Дата доступа: 13.12.2017.
3. Национальный статистический комитет РБ. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/>. – Дата доступа: 13.12.2017.
4. Туризм и туристические ресурсы в Республике Беларусь / Туризм и туристические ресурсы в Республике Беларусь. – Минск, 2016. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/solialnaya-sfera/turizm/>. – Дата доступа: 13.12.2017.

МОТИВАЦИЯ И ЕЕ МЕТОДЫ СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО СТИМУЛИРОВАНИЯ

Е. М. Злотникова

Академия управления при Президенте Республики Беларусь, г. Минск

Научный руководитель С. С. Рябова

Цель: исследование теоретических основ мотивации и системы ее социально-психологических методов стимулирования, а также выработка в соответствии с этим экономических и социально-психологических подходов к совершенствованию мотивации, в том числе мотивации труда персонала.

Задачи: определение сущности, основных современных форм и направлений мотивации как функции управления, исследование целей и методов социально-психологического стимулирования, анализ мотивации и связанных с ее реализацией проблем, анализ методов социально-психологического стимулирования, а также предложение путей совершенствования социально-психологической мотивации труда в организации и др.

Объект исследования: трудовая мотивация и социально-психологические методы ее стимулирования.

Предмет: проблемы мотивации и пути повышения эффективности социально-психологического стимулирования.

Методы исследования: анализ литературных источников и документов, наблюдение, опрос, тестирование, анализ и синтез и др.

Долгое время власть обосновывала и внедряла механизм мотивации и поведения персонала, работающий по принципу как материальной заинтересованности, так и сознательного отношения к труду. Осуществление в настоящее время преобразований в формах и методах управления, организационных структурах предприятий разных форм собственности, направленных на стимулирование их предприимчивости и развитие рыночных отношений, часто бывает недостаточно эффективным и не достигает поставленных целей.

Исследование развития теоретических представлений о содержании и регулировании мотивационных процессов, в том числе в сфере труда, позволяет определить, что по мере социально-экономического развития общества менялось направление вектора мотивационных воздействий. От первоначальной ориентации строго на повышение производительности труда, т. е. стимулирование физической активности, мотивация постепенно стала ориентироваться на повышение качества труда, стимулирование творческой активности и инициативы, на закрепление работников на предприятии и др.

Современная действительность требует другого взгляда на процесс мотивации и стимулирования персонала. Необходимо осознавать, что достойный персонал является одним из главных факторов успеха организации, если не главным.

Увеличение удовлетворенности человека выполняемой работой, основу которой составляет уверенность человека в том, что выбранная им работа отвечает его призванию, приобретает сегодня все большее значение. Готовность и желание человека усердно действовать, в том числе работать, является одним из ключевых факторов успеха. Так, для эффективной деятельности организации требуются ответственные и инициативные работники, высоко организованные и стремящиеся к трудовой самореализации личности, осознающие смысл своей деятельности и стремящиеся к достижению целей организации, и др. Обеспечить эти качества работника невоз-

можно с помощью только традиционных форм материального стимулирования и строгого внешнего контроля.

Необходимость использования в практике управления предприятием социально-психологических методов мотивации очевидна, так как они позволяют своевременно учитывать мотивы деятельности и потребности работников, видеть перспективы изменения конкретной ситуации, принимать оптимальные управленческие решения и др. Успех деятельности руководителя в этом направлении зависит от правильности применения различных форм социально-психологического воздействия и стимулирования, которые, в конечном счете, формируют эффективные межличностные отношения. Также применение этих методов оказывает непосредственное влияние на формирование социально-психологического климата коллектива, который является одним из важнейших условий роста производительности труда, качества выпускаемой продукции и др. Социально-психологический климат является показателем уровня социального развития коллектива и его психологических резервов, способных к более полной реализации.

Социально-психологические методы мотивации позволяют влиять на интересы людей, регулировать межличностные отношения в коллективе, влияют на формы и развитие трудового коллектива и др. Результаты трудовой деятельности сотрудника формируется под воздействием многих факторов и условий, поэтому целенаправленное использование их для активизации человека в решении производственных, социальных и других задач является одним из главных элементов социально-психологических методов управления персоналом. В связи с этим ставится актуальная задача – найти пути формирования эффективной системы социально-психологических методов мотивации труда персонала предприятия. Для ее решения необходима научная проработка проблем мотивации труда персонала с тем, чтобы предложить предприятию научно обоснованные рекомендации по построению эффективной системы социально-психологических методов мотивации.

В последние годы возросло внимание ученых и практиков к проблемам мотивации. Литературы, как зарубежной, так и отечественной, посвященной рассмотрению вопросов стимулирования и мотивации личности, достаточно. Однако существует ряд проблем с литературой по данной тематике. Первое – дублирование информации, посвященной рассмотрению вопросов мотивации, что часто приводит к формированию одностороннего взгляда; второе – проблемы адаптации вопросов мотивации в условиях заимствования зарубежного опыта менеджмента и управления персоналом (США, Япония и т. д.) для белорусской экономики, что вызвано необходимостью практического внедрения разработанных за рубежом теорий, их коррекции и адаптации к условиям Республики Беларусь и др.

Кроме того, проблемы совершенствования мотивации труда и ее методов социально-психологического стимулирования, в том числе необходимость проведения исследований развития мотивации в организациях, что обосновывается потребностью повышать производительность труда, заинтересованность работников в преуспевании организаций и др., особенно актуальны ввиду неразрывной связи требований развития психологических основ работы с персоналом – с процессом сложившейся экономической мировой ситуации, совершенствования экономики в соответствии с рыночными принципами, нетерпимыми к административно-командным методам управления.

Таким образом, проблемы совершенствования мотивации труда и ее методов социально-психологического стимулирования особенно актуальны в настоящее время.

Литература

1. Алексеев, Н. Эволюция систем управления предприятием / Н. Алексеев // Проблемы теории и практики управления. – 2014. – № 2. – С. 21–25.
2. Балдин, И. В. Менеджмент : пособие / И. В. Балдин, Г. Е. Ясинков. – Минск : БГЭУ, 2007. – 386 с.
3. Бирюк, А. Как мотивировать персонал к результативной постоянной работе / А. Бирюк // Бизнес без проблем – Персонал. – 2015. – № 5. – С. 15–17.
4. Богдашиц, Е. А. Теоретико-методологические основы развития мотивации / Е. А. Богдашиц // Вестн. БГЭУ. – 2009. – № 5. – С. 64–68.
5. Борисова, Е. Индивидуальный подход к мотивации сотрудников (По материалам конференции «Управление предприятием: система мотивации персонала») / Е. Борисова // Персонал МИКС. – 2013. – № 2. – С. 6–12.
6. Брасс, А. Внутренняя мотивация работников / А. Брасс // Финансовый дир. – 2013. – № 1. – С. 65–70.
7. Герасимова, И. А. Проблемы личностного развития и мотивации в контексте социально-психологических методов управления / И. А. Герасимова // Сервис plus. – 2013. – № 3. – С. 34–39.
8. Горячев, С. Система трудовой мотивации: принципы построения / С. Горячев // Предпринимательство. – 2014. – № 2. – С. 40–53.
9. Грачев, М. В. Суперкадры: Управление персоналом в международной корпорации / М. В. Грачев. – М. : Дело Лтд, 2013.
10. Исаенко, А. И. Кадры управления в корпорациях США / А. И. Исаенко. – М. : Наука, 2015.
11. Кибанов, А. Я. Управление персоналом организации / А. Я. Кибанов. – М. : Инфра-М, 2015. – 512 с.
12. Кузнецова, М. И. Мотивация деятельности / М. И. Кузнецова. – СПб. : Фирма, 2015. – 301 с.
13. Кусакин, Н. А. Роль руководителя в повышении эффективности менеджмента организации / Н. А. Кусакин // Новости. Стандартизация и сертификация. – 2015. – № 6. – С. 22–25.
14. Лазарев, С. В. Система мотивации персонала на предприятии / С. В. Лазарев // Мотивация и оплата труда. – 2014. – № 3. – С. 158–169.
15. Любичкая, В. А. Система мотивации и стимулирования труда работников промышленного предприятия в рыночной среде / В. А. Любичкая // Изв. Иркут. гос. экон. акад. – 2014. – № 1. – С. 99–102.
16. Маслоу, А. Мотивация и Личность / А. Маслоу. – СПб. : Евразия, 1999.
17. Павленко, А. Н. Особенности социально-психологических методов управления персоналом корпораций / А. Н. Павленко // Актуал. проблемы экономики. – 2013. – № 9. – С. 126–127.
18. Пронников, В. А. Управление персоналом в Японии / В. А. Пронников. – М. : Наука, 1989.
19. Скворцов, В. Н. Трудовая мотивация работников в современных условиях / В. Н. Скворцов, Е. А. Маклакова // Вестн. ВГУ. – 2013. – № 1. – С. 54–68.
20. Тейлор, Ф. У. Принципы научного менеджмента / Ф. У. Тейлор. – М. : Контроллинг, 1991.
21. Трофимов, Н. С. Современное управление персоналом организации / Н. С. Трофимов. – СПб. : Канди, 2015. – 298 с.
22. Петрович, В. М. Управление персоналом : учеб. пособие / М. В. Петрович. – Минск : Амалфея, 2013. – 510 с.
23. Хлопова, Т. Без личного интереса нет трудовой активности / Т. Хлопова // Служба кадров. – 2015. – № 1. – С. 40.
24. Цветаев, В. Мотивация наемного труда в разных ситуациях / В. Цветаев // Персонал-МИКС. – 2002. – № 3. – С. 27–29.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА ХЛЕБОБУЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В. В. Ивлева

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель О. В. Лапицкая

Хлеб является продуктом первой необходимости и играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности страны. На рынке хлеба и хлебобулочных

изделий существует острая конкуренция, которая требует от производителей гибкой и продуманной стратегии поведения, для разработки которой, в свою очередь, необходим постоянный мониторинг рыночной ситуации и ее всесторонний анализ.

Целью данного исследования является анализ сложившейся тенденции и оценка перспектив развития рынка хлебобулочной продукции Республики Беларусь.

Хлебопекарная отрасль Республики Беларусь относится к числу наиболее распространенных в территориальном отношении подразделений перерабатывающей промышленности отрасли АПК. В общем объеме промышленного производства Беларуси 2017 г. хлебопекарная отрасль заняла более 0,6 %, а в общем объеме пищевой промышленности – более 2,7 %. На долю хлебопекарной промышленности приходится около 8 % розничного товарооборота пищевых продуктов страны.

Структура рынка хлебобулочных изделий в Республике Беларусь представлена:

- предприятиями Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, находящимися в ведомственном подчинении Главного управления по хлебопродуктам Республики Беларусь (до 2014 г. – Департамента по хлебопродуктам Министерства сельского хозяйства и продовольствия), в состав которого входят 52 областных и районных хлебозаводов общей мощностью 1,3 млн т в год и 48 кондитерских цехов мощностью 40,5 тыс. т в год;

- КУП «Минскхлебпром» (6 хлебозаводов);

- Белкоопсоюзом (70 хлебозаводов и пекарен);

- частными и совместными предприятиями, предприятиями Белорусской железной дороги, МВД, концернов «Белгоспищепром» и «Белнефтехим» и др. Объемы производства хлеба и хлебобулочных изделий в Республике Беларусь за 2012–2017 гг. представлены на рис. 1 [1], [2].

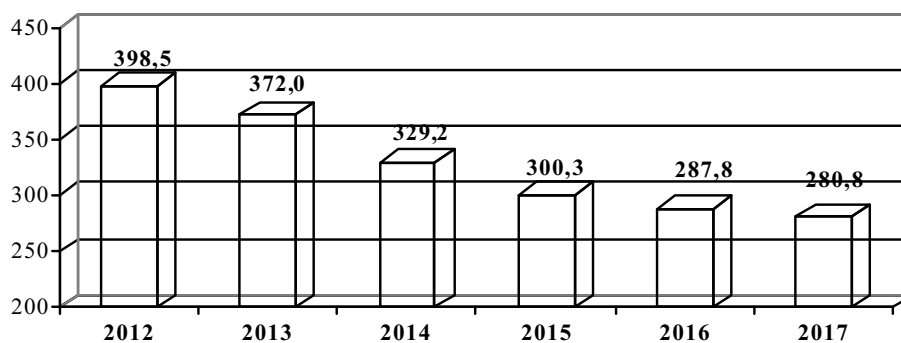


Рис. 1. Объемы производства хлеба и хлебобулочных изделий в Республике Беларусь в 2012–2017 гг., тыс. т

Как свидетельствуют данные рис. 1, в течение 2012–2017 гг. в 2017 г. в Республике Беларусь было произведено 280,8 тыс. т хлеба и хлебобулочных изделий, что на 117,7 тыс. т или на 29,5 % меньше объемов 2012 г., что было связано с наметившейся в последние годы тенденцией снижения потребления хлеба. Рацион белорусских потребителей изменился, а предприятия хлебопекарной отрасли работают преимущественно по заявкам организаций – потребителей хлебобулочной продукции. Так, объем потребления хлеба и хлебобулочных продуктов среднестатистического жителя страны в 2012 г. составлял 60,2 кг в год, в 2015 г. – 55,4 кг, а в 2017 г. – 55,0 кг в год [1].

Характеризуя рынок хлеба и хлебобулочной продукции Республики Беларусь, исследователи отмечают определенные тенденции:

1. Рынок хлеба и хлебобулочной продукции Беларуси характеризуется насыщенностью; в то же время этот рынок весьма динамичен и продолжает интенсивное обновление. В среднем ассортимент белорусских хлебозаводов обновляется за год на 30–40 % и более. Так, например, доля новой продукции в структуре ассортимента ОАО «Гомельхлебпром» в 2017 г. составила 37,6 % [3]. Рост конкуренции, а также быстрое изменение предпочтений потребителей требуют от предприятий хлебопекарной отрасли все большего разнообразия ассортимента, расширение которого осуществляется за счет внедрения в производство современных машин и оборудования.

2. На структуру хлебного рынка Беларуси оказывают все большее влияние принципы здорового питания. Потребители уделяют все больше внимания здоровому образу жизни, поддержание которого невозможно без соответствующего питания. Популярность среди населения «обычного» пшеничного и ржаного хлеба падает – в то время как потребление низкокалорийного хлеба с обогащенной рецептурой, а также диетического и диабетического хлеба возрастает. Так, согласно данным Главного управления по хлебопродуктам Республики Беларусь, в 2000 г. удельный вес диетических хлебобулочных изделий составлял менее 1 %, в 2014 г. – около 27 %, а в I полугодии 2017 г. – более 35 % в общем объеме хлебобулочных товаров [4]. Для изготовления «полезного» хлеба используются отруби, фитосырье, цельное и пророщенное зерно, овощи, комплексные витаминные добавки и т. д. Потребители все больший интерес предъявляют к новым и полезным хлебобулочным продуктам, отличающимся высоким содержанием витаминов и минералов, пищевых волокон, полезных жирных кислот, белков;

3. На рынке хлебобулочной продукции в последние 5–7 лет отмечается появление новых конкурентов в лице частных производителей, в первую очередь мини-цехов гипер- и супермаркетов. Так, на начало 2017 г. в Беларуси более 400 торговых объектов имели собственные производства хлебобулочных изделий, или в 2 раза больше по сравнению с 2010 г. Производственные мощности пекарен составляют от 1 до 7 т, хотя далеко не везде они загружены [5].

По оценкам специалистов рынок хлебобулочной продукции Республики Беларусь к настоящему времени стабилизировался, и в будущем значительных темпов его роста ожидать не приходится; развиваться он будет скорее качественно. Поэтому предприятиям необходимо вести активную работу по расширению ассортимента, развитию импортозамещения, более полно загружать имеющееся оборудование, создавать сопутствующие производства, активнее работать по расширению рынков сбыта и продвижению продукции, в том числе и на экспорт.

Принимая во внимание текущую ситуацию, ожидается, что в ближайшие 5 лет рынок хлебобулочной продукции будет зависеть от следующих тенденций:

- популярность здорового образа жизни. Это обуславливает развитие спроса на хлебобулочные изделия с повышенным содержанием полезных веществ, витаминов, минералов, омега-3 жирных кислот, цельнозерновых продуктов;
- ожидаемый спрос на продукты без глютена, ГМО, консервантов и т. д.;
- развитие продуктов «для перекуса в течение дня». На многих европейских рынках все чаще наблюдается, как привычный завтрак превращается в легкий перекус. Это происходит потому, что потребители ведут более занятой образ жизни. Эта тенденция также все более характерна и на белорусском рынке;
- растущий интерес к кухням других стран мира. Все больше людей интересуются современными иностранными кухнями. Насыщение рынков хлебобулочных

изделий новыми видами данной продукции сегодня определяется разнообразными и необычными сортами хлеба, такими как турецкие лепешки, греческий сладкий хлеб, итальянская чабатта, матнакаш, лаваш, шаверма и др.;

– инновации в потребительской упаковке. Упаковка будет развиваться не только благодаря новым стилям дизайна, но и из-за функциональных ее изменений.

Приоритетными направлениями в развитии хлебопекарной промышленности Республики Беларусь являются:

– повышение технического и технологического уровня производства, создание прогрессивных экологически безопасных и ресурсосберегающих технологий;

– разработка научных основ технологий и ассортимента хлебобулочных изделий лечебного и профилактического назначения;

– оптимизация композиционного состава комплексных хлебопекарных улучшителей для корректировки свойств муки, улучшения качества изделий, повышения микробиологической безопасности и сохранения свежести готовой продукции;

– совершенствование инвестиционной и маркетинговой деятельности предприятий хлебопекарной отрасли.

Таким образом, анализ рынка хлебобулочной продукции Республики Беларусь позволяет сделать вывод, что рынок хлебобулочных изделий является высококонкурентным с устоявшейся структурой основных производителей; при этом в последние годы отмечается существенное насыщение рынка. На структуру рынка оказывают все большее влияние принципы здорового питания; потребители все больший интерес предъявляют к полезным хлебобулочным продуктам, отличающимся высоким содержанием витаминов и минералов, пищевых волокон, полезных жирных кислот, белков, отсутствием вредных добавок и консервантов. Дальнейшее развитие рынка связывается именно с этим направлением, а также с развитием новых видов продукции, совершенствованием технологии производства и упаковки.

Литература

1. Официальный электронный интернет-портал Национального статистического комитета Республики Беларусь // Официал. статистика. – Минск, 2012–2018. – Режим доступа: <http://belstat.gov.by>. – Дата доступа: 11.04.2018.
2. Статистическое обозрение Беларуси : стат. сб. (янв.–дек. 2013–2017 гг.). – Минск : Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2014–2018.
3. Официальный электронный интернет-портал ОАО «Гомельхлебпром». – Гомель, 2009–2018. – Режим доступа: <http://www.gomelhlebprom.by>. – Дата доступа: 22.03.2018.
4. Шевко, А. Объемы потребления хлеба в стране уменьшаются, и тенденция эта называется правильным питанием / А. Шевко // Официальный электронный интернет-портал газеты «СБ: Беларусь сегодня». – 2017. – 23 окт. – Режим доступа: <https://www.sb.by/articles>. – Дата доступа: 10.04.2018.
5. Горобечи, М. Пять ключевых тенденций, определяющих рынок хлебобулочных изделий в Беларуси в ближайшие пять лет / М. Горобечи // Продукт.ВУ : электрон. журн. – Минск, 2018. – № 10 (174). – Режим доступа: <http://produkt.by/story>. – Дата доступа: 10.04.2018.

**ЦЕННОСТНЫЕ ОРИЕНТАЦИИ ПОЛЯКОВ И БЕЛОРУСОВ:
СОЦИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ****Д. А. Исупова***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель В. В. Клейман

Повышение эффективности социокультурной интеграции славянского сообщества в условиях геополитического направления в регионе предполагает исследование ценностных ориентаций поляков и белорусов. Целью исследования является изучение сущности ценностных ориентаций и опыта социологических исследований ценностных ориентаций поляков и белорусов, а также на основе полученных данных формулирование выводов относительно схожести либо различия ценностей социальных общностей.

Для современной Европы характерно разнообразие ценностных ориентаций. Чтобы в этом убедиться, необходим анализ модели основных ценностных ориентаций респондентов, проявляющихся в таких сферах жизни, как: работа и свободное время, религия, мораль, образование, общество и политика, семья и брак.

Иерархия важнейших жизненных ценностей белорусов (согласно социологическим данным за 2000 и 2008 гг.) следующая: семья (79 и 82 %), работа (49 и 53 %), дружба (27 и 33 %), досуг (по 25 % в 2000 и 2008 гг.), политика (по 6 % в 2000 и 2008 гг.), религия (12 и 14 %) [1, с. 136]. При сравнении ценностных ориентаций взрослого населения и студентов принципиальных различий не выявлено. Более высокий ранг ценностей «хорошие друзья» и «любовь» у студенческой молодежи нежели у взрослых. Соответствуют норме и более высокие ранги ценностей «карьера, деловой успех» (ранг № 6), тогда как у взрослых эта ценность занимает 10-ю ранговую позицию [2, с. 88–89]. Иерархия жизненных ценностей поляков мало чем отличается от белорусской (согласно социологическим данным за 2005 и 2010 гг.): семейное счастье (по 84 % ответов в 2005 и 2010 гг.), здоровье (69 и 74 %), частная жизнь (по 23 %), религия (по 16 %), спокойствие (по 20 %), профессиональный труд (23 и 18 %) [3, с. 257].

Исходя из данных социологических опросов населения Беларуси за 2000 и 2008 гг., важное значение семьи в своей жизни отмечали почти 80 % населения. При этом семья как социальная ценность важна как для женщин, так и для мужчин (86,0 % и 74,8 % соответственно). На семью ориентированы 79 % молодых людей в возрасте 18–29 лет и большинство населения в возрастной группе 30–49 лет (85 %). Среди первостепенных качеств, развитие которых у детей обязательно должно поощряться дома, молодежь выделяет следующие: трудолюбие (85,0 % в 2000 г., 82,0 % в 2008 г.), чувство ответственности (75,3 % в 2000 г., 72,3 % в 2008 г.), хорошие манеры (66,8 % в 2000 г., 71,4 % в 2008 г.), решительность и настойчивость (53,8 % в 2000 г., 36,9 % в 2008 г.), бережливость, экономность (39,3 % в 2000 г., 31,5 % в 2008 г.). Менее ценными качествами респонденты определили бескорыстие, воображение и религиозность. Большинство представителей молодого поколения (69,4 % в 1990 г., 67,6 % в 2000 г., 70,7 % в 2008 г.) не считает брак устаревший социальным институтом, при этом толерантно относится к гражданскому браку [4, с. 166–168]. По данным Белстата, в 2015 г. средний возраст вступления в первый брак у женщин – 25,5 лет, у мужчин – 27,5 года. По данным «Анализа тенденций брачности и разводимости населения Республики Беларусь с 1946 по 2010 гг.» средняя продолжительность первого брака – 10 лет (эти союзы составляют 86 % от всех разводов). Вторые браки живут около 9 лет и считаются более стабильными.

С утверждением, что мужчина и женщина должны иметь детей, чтобы выполнить свое жизненное предназначение и реализовать себя, в 2000 г. согласились 73 % населения Беларуси, в 2008 г. – 70 %. Число белорусов, считающих материнство обязательным в жизни женщины, осталось практически прежним: 23,1 % в 2008 г. и 22,2 % в 2000 г. Факторы, останавливающие белорусов перед решением родить ребенка, в основном носят бытовой характер: вопросы с жильем (26 %), размеры детских пособий (25 %), доступность детских садов (24 %), состояние здоровья (25 %) [5, с. 64].

Согласно опросам поляки также толерантно относятся к гражданскому браку. По статистике, польские женщины выходят замуж в среднем в 26,4 лет, а польские мужчины женятся в возрасте 28,4 лет. В среднем польские браки, которые заканчиваются разводом, длятся 14 лет. Средний возраст женщин, которые разводятся в Польше, – 39 лет, а мужчин – 41 год. Согласно исследованию, проводившемуся в Польше в 2015 г. исследовательским домом Maison, следует, что 78 % тех, у кого нет детей, хотят иметь детей. Только 4 % поляков не хотят иметь детей вообще (это в основном женщины в возрасте с 18 до 34 лет). Факторы, останавливающие поляков перед решением родить ребенка, в отличие от факторов, выделенных белорусскими респондентами, носят ярко выраженный финансовый характер: недостаток финансовых ресурсов – 74 %, страх ухудшения финансового положения – 61 %, проблемы на работе из-за беременности – 32 %. Основным фактором, который будет способствовать расширению семьи, являются финансы, и особенно ожидание их стабильности. Подтверждают эту гипотезу данные об условиях, влияющих на рост семьи. В 2015 г. при выявлении долгосрочных мероприятий, которые польские респонденты выбрали в качестве приоритетных, были получены следующие результаты: повышение заработной платы (61 %), регулярные надбавки за каждого ребенка (45 %), стабилизация рынка труда (44 %), гибкие условия работы для молодых матерей (34 %) [6].

На современном этапе социально-экономического развития труд – это не только способ добывания ресурсов, но и один из основных способов социального укоренения человека в обществе [3, с. 256]. По данным социологических исследований в Республике Беларусь, число молодых людей, оценивая значимость работы, выбрали вариант ответа «очень важно»: в начале 1990-х гг. – 53,6 %; в 2000 г. – 47,8 %; в 2008 г. – 52,7 %. Лидирующие позиции на протяжении долгого времени в иерархии трудовых ценностей занимают «высокая зарплата» (88,8 % в 1990 г., 88,0 % в 2000 г., 93,1 % в 2008 г.), «хороший коллектив» (69,2 % в 2000 г., 78,7 % в 2008 г.) и «удобный режим работы» (59,8 % в 1990 г., 54,2 % в 2000 г., 61,9 % в 2008 г.). Существенные различия отмечаются между достижимыми аспектами труда: рейтинг «возможности чего-то достичь» в 2008 г. в 1,7 раза выше, чем в 2000 г., и в 1,2 раза выше, чем в 1990 г. Характеристика труда «возможность проявить инициативу» оказалась востребованной в начале 1990-х гг., в течение последующих десяти лет ее ценность снижается, но к 2008 г. выраженность этой мотивации усиливается.

В Польше в 2009 г. выше всего ценили подходящую зарплату (76,9 %), отсутствие напряженности, стресса (53,9 %), стабильность занятости (50 %). По сравнению с 2007 г. несколько возросла роль двух последних факторов. Наименее значимы такие характеристики работы, как возможность выполнять работу дома (2,1 %), длительный отпуск (3,5 %), общественная значимость, признание работы (3,8 %) [3, с. 257–259]. Основываясь на результатах опросов общественного мнения за 1997 г., социолог В. Моравский пришел к выводу, что каждый четвертый поляк подходит к работе как к неприятной обязанности (принуждению), чуть более 1/3 ангажируются в свою работу, т. е. «выполняю работу так хорошо, как только умею, даже в ущерб

моей жизни», а более 1/3 демонстрируют калькуляционный подход, т. е. «работаю тяжело, но не настолько, чтобы это влияло на мою жизнь» [3, с. 259].

Образование – самое могучее орудие созидания и общественного прогресса. В 2009 г. доля лиц с высшим образованием в сопоставимом возрастном интервале 25–64 года в Беларуси достигает 23,82 % (21,33 % – у мужчин и 25 % – у женщин). По данным ЮНЕСКО, с 1993 г. в нашей стране отмечается устойчивый рост числа граждан с высшим образованием. В 2010 г. до 83 % молодежи в студенческом возрасте получало высшее образование. Уровень грамотности взрослого населения Беларуси ныне достигает 99,7 %, охват базовым, общим средним и профессиональным образованием составляет 98 % [7, с. 27].

В Польше высшее образование получило обязательный характер. У поляков на получение образования в возрасте от 5 до 39 лет уходит в среднем 17,7 лет, что превышает средний показатель по ОЭСР (Организация экономического сотрудничества и развития) (17 лет). В Польше 91 % взрослых людей в возрасте от 25 до 64 лет получили полное среднее образование, что намного выше среднего показателя по ОЭСР (74 %), и является одним из самых высоких показателей среди стран ОЭСР [8].

Таким образом, опираясь на результаты социологических исследований, можно сделать вывод, что на самом деле у этих двух этносов не существует значимых различий в определении ценностных ориентаций. Первостепенная важность как в Беларуси, так и в Польше принадлежит институту семьи. Наблюдается значительная схожесть величины среднего возраста вступления в первый брак, а также в оценке значимости рождения ребенка в жизни женщины. Отмечается определенная тенденция к «возможности пожить для себя», которая более ярко выделяется у поляков. Подчеркивается факт: поляки – индивидуалисты, а белорусы – коллективисты. У белорусов в приоритете работа и дружеские взаимоотношения, у поляков – частная жизнь и здоровье. В отношении работы для белорусского народа в приоритете высокая заработная плата, хороший коллектив и удобный график работы. Для польского народа значимы также заработная плата, отсутствие напряженности и стабильность. Относительно процесса получения образования и поляки и белорусы направлены на качественное образование, способствующего улучшению качества жизни в условиях современного общества.

Литература

1. Титаренко, Л. Г. Ценности труда молодежи в белорусском обществе: потенциал инновационности и традиционности / Л. Г. Титаренко // Сб. науч. ст. – М. : БГУ, 2015. – С. 134–145.
2. Кириенко, В. В. Студенческая молодежь: ментальные особенности, идентичность, образ жизни / В. В. Кириенко, В. В. Клейман, А. А. Злотников ; под общ. ред. В. В. Кириенко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015. – 281 с.
3. Канаш, Т. В. Ценность работы в жизни современного поляка / Т. В. Канаш // Социол. альм. – 2012. – № 3. – С. 256–263.
4. Данилова, Е. А. Ценностный мир современного человека: Беларусь в проекте «Исследование европейских ценностей» / Е. А. Данилова. – Минск : БГУ, 2009. – С. 165–181.
5. Ценностный мир современного человека: Беларусь в проекте «Исследование европейских ценностей» / Д. Г. Ротман [и др.] ; под ред. Д. М. Булышко, А. Н. Данилова, Д. Г. Ротмана. – Минск : БГУ, 2009. – 231 с.
6. Опрос: поляки хотят иметь больше детей, но ждут помощи от государства. – Режим доступа: <http://radiopolsha.pl/>. – Дата доступа: 10.03.2018.
7. Республика Беларусь в зеркале социологии / Н. С. Шпак [и др.] // Сб. материалов социол. исслед. – Минск : ИАЦ, ОЗЕМ, Г. 3., 2008. – 61 с.
8. Польша. – Режим доступа: <http://www.Oecdbetterlifeindex.org/>. – Дата доступа: 10.03.2018.

НЕОТКРЫТЫЙ ТУРИЗМ ДОБРУШСКОГО РАЙОНА**М. А. Кравченко***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Е. Н. Карчевская

После аварии на Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 г. много территорий попало в зону отчуждения. И Добрушский район не исключение, исторически значимые места оказались заброшены и не реставрированы.

Цель данной работы: рассмотреть культурно-исторические достопримечательности Добрушского района, выполненные в духе древнерусского зодчества.

Деревня Демьянки находится в 21 км от Добруша и в 49 км от Гомеля. Уже давно забытая деревня имеет огромную историю [1]. Даже название связано с загадочной легендой. Когда-то давно жили два кузнеца – Кузьма и Демьян. Жили они тут во времена, когда наша земля была в опасности: страшный Змей на нее постоянно нападал. Так вот они построили огромную кузню (мастерская или цех для обработки металла ковкой) и в ней спрятали всех людей. И когда Змей прилетел к кузне, разрушил железные двери, сунул туда свой язык, чтобы съесть людей, то Демьян с Кузьмой схватили его за язык, запрягли в железный плуг и вспахали землю. И до сих пор остались кое-где рвы, которые называют в народе «змеиные». Такие рвы есть и вокруг Демьянок.

Если люди женились, то просили Кузьму и Демьяна, чтобы они сковали их навеки вместе.

На территории Демьянок были найдены две стоянки эпохи неолита (последний период каменного века). Земля деревни хранит древнее курганное кладбище (около 159 курганов). Поиски проводились в конце XIX в. Филоновым и Романовым. Некоторые курганы в высоту достигают 2 м, а в диаметре – 12 м. Это были захоронения радимичей. Также был обнаружен единственный на всей территории радимичей некрополь (это большое древнее кладбище с надгробными памятниками). На протяжении 500 лет радимичи привозили в Демьянки тела знаменитых личностей, чтобы похоронить их здесь.

В летописи деревня упоминается только в XVI в., и тогда она называлась Демьяновичи.

После раздела Речи Посполитой Демьянки попали в Российскую империю [2].

Имение в Демьянках перешло Николаю Герарду в 1876 г. Эта фамилия была хорошо известна в России: сам Николай Николаевич был действительным тайным советником, в 1905–1908 гг. – стал генерал-губернатором Финляндии. В конце XIX в. он построил нынешний дворец: двухэтажный, кирпичный на высоком цокольном этаже, с прямоугольной башней, декорированной зубцами, с небольшим боковым объемом и верандой. Интересна архитектурная отделка окон, стен, углов здания, выполненная в духе древнерусского зодчества. Своей красотой привлекает также мост, ширина его составляла 7 м. Нельзя не упомянуть экзотический парк площадью 7 га, который делился на верхний и нижний. Хоть прошло уже много лет, но отдельные крупные деревья все еще сохранились: белая ива, черная сосна, ирга, горький каштан.

Такое загадочное место имеет еще одну легенду. В годы Первой мировой войны русский полк остановился в усадьбе Герардов. Молодой офицер влюбился в дочь Николая Герарда Риту и она ответила ему взаимностью. Не выдержав разлуки с любимым, она отправилась за ним. Отец, как только об этом узнал, немедленно велел

вернуть ее обратно. Как рассказывали местные жители, в тот день Рита, сидя на пеньке над рекой, выкурила 20 папирос, взяла пистолет отца и застрелилась. Ее похоронили в семейном склепе. После революции трое парней решили вскрыть могилу: первый умер сразу, второй и третий сошли с ума [3].

После революции 1917 г. имение было национализировано, и во дворце был организован Дом беспризорника. А сам Герард сбежал в Финляндию, где умер в глубокой старости.

Во время Второй мировой войны на территории проходила страшная битва, в ходе которой погибли 136 солдат, которых похоронили в братской могиле.

До Чернобыльской АЭС в усадьбе располагалась спецшкола, а летом имение использовалось под пионерский лагерь. Непослушных детей пугали легендой про блуждающую Риту [4].

К сожалению, и на сегодняшний день в деревню Демьянки путь разрешен только в Радуницу или по специальному пропуску. Печально, что культурно-историческое здание никто не реставрирует. Но не все сооружения после Чернобыльской АЭС остались без внимания.

Каждый день студенты, которые учатся в Гомельском государственном техническом университете имени П. О. Сухого, видят церковь. Но мало кто знает, что это Храм Святого Архистратига Михаила был возведен в деревне Вылево Добрушского района, что рядом с деревней Демьянки. Он считается архитектурой деревянного зодчества и был построен в конце XIX – начале XX в. Храм пережил две войны и после Чернобыльской аварии, как ни странно, оказался чистым от радиации, хотя деревня Вылево находится в зоне отчуждения. Что интересно, его не строили заново, а перевезли в том состоянии, в котором он сохранился и только недостающие фрагменты уже установили новым материалом [3].

Раз мы затронули исторически важные места Добрушского района, которые пострадали от Чернобыльской АЭС в 1986 г., то необходимо также упомянуть деревню Корма, которая не является зоной отчуждения, но тоже имеет свою необычную историю. Деревня Корма славится Свято-Покровской церковью, которая была построена в 1907 г.

Судьба церкви состоялась следующим образом. В 1926 г. советские власти закрыли храм. Церковь использовалась как зернохранилище, а в 1941 г. как госпиталь. Во время оккупации немецко-фашистскими захватчиками храм вначале использовался как конюшня. Через некоторое время в деревню Корма приехал немецкий лютеранский священник и предложил очистить храм для совершения в нем лютеранских богослужений. После первого богослужения на голову лютеранскому пресвитеру (протестантское течение в христианстве, возникло в результате реформационного движения в Германии в XVI в.) упала икона. Они оценили это как знак божий и во время оккупации там служил православный священник.

В 1991 г. церковь получила мощи святого праведного Иоанна Кормянского. И в настоящее время там хранятся чудотворные иконы Божией Матери Скоропослушница и Владимирская, а также ковчег с частицами мощей угодников Божьих. Также церковь Свято-Покровская входит в туристический тур «Золотое кольцо Гомельщины» [1].

Подводя итоги проделанной работы, можно сделать выводы, что усадьба в Демьянках не единственная культурно-историческая ценность, которая находится в плохом состоянии, есть еще множество мест на территории Беларуси, которые пострадали от Чернобыльской АЭС и не реставрируются властями, так как считается это не целесообразно, но с каждым годом неухоженные сооружения теряют свою историческую ценность и разрушаются.

Мы провели виртуальную экскурсию по историческим местам Добрушского района. Достаточно забытые места имеют интереснейшую историю, но самое главное, что они находятся в 40 минутах езды от Гомеля и их посещение даст возможность возродить древности.

На самом деле вопрос открытый, нужно ли восстанавливать заброшенные сооружения, которые находятся в зоне отчуждения, или лучше их оставить разрушаться естественным путем.

Был проведен опрос граждан Гомельской области в количестве 50 человек. Респондентам были заданы такие ключевые вопросы как: необходимо ли восстанавливать культурно-исторические сооружения, которые попали в зону отчуждения; интересны ли легенды старинных деревень и многое другое (рис. 1–2).



Рис. 1. Заинтересованность респондентов в необходимости восстановления культурно-исторических памятников

Как видно из рис. 1 и 2, 64 % респондентов считают, что необходимо восстанавливать культурно-исторические сооружения, так как они представляют историческую ценность. 18 % не согласны с таким решением, так как считают, что раз они находятся в зоне отчуждения, то это может отрицательно сказаться на здоровье человека. Остальные 18 % никогда не задумывались об этой проблеме.

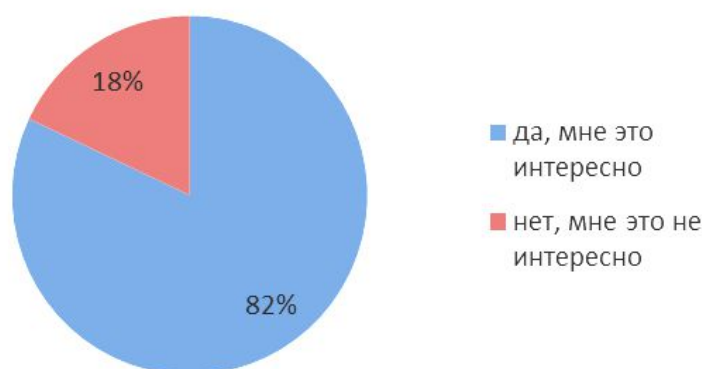


Рис. 2. Заинтересованность респондентов легендами наших поселений

Как бы исторически не сложилась судьба забытых деревень, граждане не равнодушно относятся к культурно-историческим местам своей области. Конечно, не каждый рискнет съездить в зону отчуждения, так как это не безопасно. Но исследование показало, что большинство людей хотят посещать экскурсии даже в формате виртуальной реальности.

Литература

1. Памяць: Добрушскі раён : гіст.-дак. хронікі гарадоў і р-наў Беларусі : у 2-х кн. – Кн. 2.
2. <http://www.ctv.by>.
3. Комсомольская правда в Белоруссии. – 2010. – 24 апр. – С. 6.
4. Знамя юности. – 2013. – 26 апр. – С. 12.

МАРКЕТИНГ В ИНТЕРНЕТ: ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ НА БЕЛОРУССКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

В. В. Кудравец

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель В. В. Клейман

Одной из главных движущих сил происходящих сегодня революционных изменений в методах ведения бизнеса являются информационные технологии. Они стали незаменимым средством взаимодействия всех субъектов рынка, инструментом ведения бизнеса, применяемым для осуществления большинства бизнес-процессов предприятий.

Развитие информационных технологий, среди которых одно из ключевых мест занял Интернет, появление и бурный рост электронной коммерции стали основой для появления нового направления в современной концепции маркетинга взаимодействия – Интернет-маркетинга [1].

Под термином «Интернет-маркетинг» понимается теория и методология организации маркетинга в гипермедийной среде Интернета. Интернет обладает уникальными характеристиками, значительно отличающимися от характеристик традиционных инструментов маркетинга.

В условиях высокой конкуренции компании стремятся применять в своей коммуникационной деятельности новые информационные технологии, такие как корпоративный сайт, размещение рекламы в Интернет, ведение страниц в социальных сетях и участие в торговых электронных площадках.

1. *Создание корпоративного веб-сайта.* Официальный сайт организации является основным и наиболее эффективным средством продвижения и распространения информации о фирме и осуществляемой ею деятельности. Веб-сайт компании как базовая основа служит платформой для формирования всех видов рекламных Интернет-коммуникаций. Важнейшей задачей веб-сайта является предоставление информации о товаре в доступной и понятной форме [1].

Поскольку покупателя интересует качество продукции, на сайте должны быть представлены все необходимые и точные данные по поводу товара, который предлагает предприятие: конкретные цифры, описание технических характеристик, данные по эксплуатации оборудования, результаты тестирования и т. д. Эта информация даст покупателям возможность провести объективный сравнительный анализ товаров предприятия и его конкурентов.

Сайт предприятия должен обеспечивать не только ознакомление покупателя с продукцией, но и обратную связь с клиентом, осуществление опросов, сбор маркетинговой информации.

На сайте может быть расположен полноценный электронный магазин с приемом заказов, выставлением счетов, приемом оплаты по кредитным карточкам и автоматическим формированием инструкций для курьеров, занимающихся доставкой товара клиентам [2].

Для повышения эффективности веб-сайта используется поисковая оптимизация – комплекс мер для поднятия позиций сайта в результатах выдачи поисковых систем по определенным запросам пользователей. Обычно, чем выше позиция сайта в результатах поиска, тем больше заинтересованных посетителей переходит на него с поисковых систем.

2. *Размещение рекламы в сети Интернет.* Одним из важнейших условий эффективной маркетинговой коммуникации в промышленной отрасли является выделение целевой аудитории и обращение к ней напрямую. Современные Интернет-технологии, такие как контекстная реклама, собственная почтовая рассылка, вирусная реклама, анкеты, конкурсы, игры, обзоры, выступления авторитетов, вебинары, результаты исследований, а также видеоролики и анализ трендов помогают напрямую воздействовать на определенную аудиторию. Для сферы товаров производственного назначения такая реклама может стать основным «поставщиком» новых клиентов со всей страны или мира.

3. *Странички в социальных сетях.* В настоящее время каждый современный человек имеет свою страничку в социальных сетях, таких как Facebook, ВКонтакте, Одноклассники, Мой мир, Twitter, Instagram и т. п. [3].

С ростом популярности социальных сетей все чаще наблюдается тенденция компаний, особенно молодых, вместо создания собственного web-сайта продвигать себя в социальной сети. Компании преследуют одну цель: привлечь как можно большую аудиторию.

Основным преимуществом выбора компании в пользу ведения страницы/группы в социальной сети является отсутствие первоначальных финансовых затрат, ведь создание такой страницы абсолютно бесплатно.

Но следует отметить, что данной сфере присущи значимые недостатки: относительно ограниченные возможности, ведь в каждой социальной сети существуют свои правила, разрешенные и запрещенные способы продвижения; высокая конкуренция, ведь отсутствие специализированных знаний, которые не имеют значения для создания странички, притягивает многих; эффект шаблонности, когда несколько компаний занимаются предоставлением одних и тех же услуг или товаров; конкретная нацеленность на определенную аудиторию, ведь в социальных сетях находится рынок конечного потребителя, и пытаться продать путем социальных сетей какие-то промышленные принадлежности или механизмы, как правило, не имеет никакого смысла [1].

4. *Участие в торговых электронных площадках.* В более широком смысле, B2B (бизнес для бизнеса) торговая площадка – это портал в Интернете, куда заходят покупатели и продавцы, чтобы общаться, сотрудничать и осуществлять сделки. Главная задача торговых площадок – стать платформой, которая благодаря встроенным возможностям позволит участникам успешно вести бизнес через Интернет. Торговые площадки B2B также известны как порталы, электронные товарные биржи. Торговые площадки B2B имеют возможности, которые могут помочь компаниям в закупке, продаже и автоматизации бизнес-процессов.

Участие в электронных торговых площадках становится одной из наиболее быстроразвивающихся маркетинговых стратегий для предприятий, желающих расширить свою клиентскую базу за пределами местного рынка. Любая популярная торго-

вая площадка предлагает прямой контакт с тысячами потенциальных покупателей, находящихся в конкретном месте. Для некоторых новых участников торговые площадки B2B являются просто находкой, так как они предоставляют моментальный доступ к неожиданно большому количеству готовых клиентов без особых усилий со стороны участников.

Исходя из всего вышеизложенного, можно сделать вывод о том, насколько актуальным становится для отечественных производителей промышленной продукции использование Интернет-маркетинга [2].

Самым оптимальным вариантом продвижения товаров для предприятий в сети Интернет является наличие официального сайта, который предоставляет компании широкий спектр дополнительных возможностей, таких как: публикация информации о своей деятельности, продажа товаров и услуг, оказание пред- и послепродажного обслуживания, формирование имиджа. Кроме того, информация о поведении посетителей на сайте может быть направлена в информационно-аналитическую систему организации и служить для повышения качества обслуживания.

При разработке сайтов следует опираться на ряд принципов:

- активное развитие мобильного Интернет, и, следовательно, рост числа пользователей, выходящих в сеть с мобильных устройств (сайт должен быть пригодным к просмотру на маленькой диагонали экрана);
- простота и удобство пользования сайтом;
- минимальное число действий для достижения поставленной цели;
- увеличение скорости работы и загрузки сайта [4].

Отметим, что часто существующие сегодня сайты фирм не удобны для пользователя, поскольку их структура была спроектирована и разработана еще в начале развития и становления интернет-маркетинга. И, следовательно, такие сайты не отвечают большинству современных стандартов и не решают актуальной задачи прямой продажи и приема «горячих» заявок.

Таким образом, для того чтобы быть «в ногу со временем», многим предприятиям необходимо следить за развитием интернет-технологий, развиваться и осваивать все больше инноваций в сети Интернет. Только тогда любое предприятие сможет уверенно себя чувствовать на различных внутренних рынках, а также эффективно вести внешнеэкономическую деятельность.

Литература

1. Алентьева, Е. Ю. Веб-сайт компании как коммуникативный маркетинговый инструмент / Е. Ю. Алентьева // Социально-экономические явления и процессы. – 2014. – Т. 9. – № 11. – С. 22–27.
2. Игнатова, В. О. Способы продвижения Интернет-ресурса в современном информационном пространстве / В. О. Игнатова // Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития. – 2013. – № 5. – С. 79–83.
3. Николенко, Т. А. Корпоративный сайт как виртуальный образ компании / Т. А. Николенко, П. Р. Гайзетдинов // Новые информационные технологии в нефтегазовой отрасли и образовании : материалы VI Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием ; под ред. О. Н. Кузякова. – Тюмень, 2015. – С. 185–188.
4. Шурчкова, Ю. В. Веб-сайт компании как коммуникативный маркетинговый инструмент / Ю. В. Шурчкова // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Серия: Экономика и упр. – 2013. – № 1. – С. 211–218.

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ПОПУЛЯРИЗАЦИЮ БЕЛОРУССКОГО СПОРТА

М. В. Машурова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Л. Л. Соловьева

В настоящее время одной из проблем белорусского спорта является низкая осведомленность населения о спортивной деятельности белорусских организаций, команд и отдельных спортсменов. За рубежом некоторые спортивные команды настолько позаботились о своем бренде, что могут позволить себе полностью не зависеть от государственного финансирования. Для улучшения узнаваемости белорусских спортивных организаций необходимо разработать комплекс мероприятий, направленных на популяризацию белорусского спорта.

Для популяризации белорусского спорта нами были выбраны следующие средства распространения:

- наружная реклама;
- работа с социальными сетями.

Наружная реклама — графическая, текстовая либо иная информация рекламного характера, которая размещается на специальных временных или стационарных конструкциях, расположенных на открытой местности, а также на внешних поверхностях зданий, сооружений, на элементах уличного оборудования, над проезжей частью улиц и дорог или на них самих, а также на автозаправочных станциях [2].

Рассмотрим характеристики наружной рекламы [2].

Для наружной рекламы характерен наибольший охват аудитории, благодаря чему рекламная информация быстро распространяется. Большие габариты и ее яркость привлекает внимание большого количества людей, что увеличивает процент осведомленности потенциальных клиентов о товарах или услугах.

Для популяризации спорта разместим рекламное обращение на билбордах, так как этот способ контакта охватывает наибольшее количество людей.

Билборд – рекламный щит, представляющий собой наружную рекламу, как правило, устанавливаемую вдоль улиц, трасс [4]. На сегодняшний день это один из самых распространенных способов уличной рекламы.

В настоящее время появилось много билбордов с изображениями знаменитых спортсменов. Однако подрастающему поколению уделяется мало внимания. Для того чтобы привлечь интерес молодежи к спортивным достижениям и спорту в Беларуси в целом, следует разместить билборды с изображениями детей и подростков, которые уже добились определенных результатов в своей спортивной деятельности, а также добавить слоган «Спортивная молодежь – гордость страны!». Это покажет, что быть спортсменом – престижно и что страна гордится своими чемпионами.

Для создания наружной рекламы воспользуемся услугами компании «Билборды ИП Черненко». Это самая большая билбордная сеть в Гомеле.

Данная компания предлагает несколько разработанных пакетов размещения билбордов. Самый оптимальный для наших целей – «Кругозор» [1]. В городе Гомеле компания «Билборды ИП Черненко» размещает 5 билбордов. Каждые 2 недели происходит смена места размещения билбордов, все места в черте города определяет специалист компании.

Стоимость этой услуги составит около 1500 BYN [1]. Средний охват каждого из 5 баннеров составляет 1200 машин в час. Следовательно, за 15 часов в сутки (время,

когда поток машин наиболее активен), за 31 день охват 5 баннеров составит 2790000 машин.

Далее можно рассчитать тарифную ставку 5 баннеров в расчете на 1000 контактов с ними по формуле

$$Ц_{\text{ча}} = \frac{T_{\text{б}} \cdot 1000}{Ч_{\text{к}}},$$

где $Ц_{\text{ча}}$ – цена на 1000 контактов; $T_{\text{б}}$ – тариф за баннеры; $Ч_{\text{к}}$ – число контактов с баннерами.

$$Ц_{\text{ча}} = \frac{1500 \cdot 1000}{2790000} = 0,54.$$

Получаем, что цена на 1000 контактов составляет 0,54 BYN.

Далее рассмотрим продвижение в социальных сетях. Часто сообщества и социальные сети с точки зрения продвижения становятся более эффективным инструментом, чем любые иные средства связей с общественностью, в силу того что сообщества позволяют устанавливать контакт с аудиторией напрямую.

Новое сообщение в сообществе или блоге называется пост (от англ. *to post* – отправлять) [3]. Появление интересной и привлекательной (аттрактивной) информации в сообществе стимулирует бесплатное распространение ее членами сообществ, а также блогерами, подписанными на обновления в данном сообществе. Распространение статусов в других блогах или сообществах называется репост.

Еще одним важным средством массовой коммуникации являются социальные сети обмена фотографиями и видеозаписями, что очень привлекательно с точки зрения визуального восприятия новостей и интересных фактов. Наибольшей популярностью среди подобных инструментов пользуется *instagram.com*, но возможности поста или обмена визуальными изображениями есть у всех популярных социальных сетей.

Уже сейчас некоторые сообщества и блоги конкурируют по популярности и достоверности сообщений со средствами массовой информации (СМИ). Более того, любое традиционное СМИ с готовностью цитирует статусы в блогах и сообществах известных людей и компаний, что обеспечивает дополнительные возможности по распространению важной информации.

Для нас представляют интерес такие социальные сети как Вконтакте, Instagram и Telegram. В них и будет сосредоточена большая часть рекламы.

Для качественной организации продвижения в социальных сетях необходимо нанять SMM-специалиста, который займется написанием постов, информировании о ближайших спортивных событиях, продвижением аккаунтов спортивных организаций, а также созданием чат-ботов. Средняя зарплата SMM-специалиста будет составлять 900 BYN [6].

Чат-бот – это компьютерная программа, которая создана для имитации речевого поведения человека при общении с одним или несколькими собеседниками [8]. Активно используется в социальных сетях.

Говоря о социальных сетях необходимо упомянуть также стикеры.

Стикеры (англ. *stickers* — «наклейки») — картинки, предназначенные для отправки в чат. Возникли как продвинутая версия смайликов, посылаемых в виде увеличенной картинки, и предназначены в первую очередь для выражения эмоций [5].

Так как интерес к стикерам сейчас растет, то можно создать набор стикеров с изображением отечественных спортсменов.

Для создания данных стикеров можно устроить конкурс в тех же социальных сетях. И дать возможность пользователям проявить свои творческие способности, а в итоге путем голосования выбрать лучший набор. Тем самым уже на стадии разработки стикеров будет увеличена аудитория, осведомленная о белорусском спорте.

Для того чтобы конкурс привлек большое количество участников необходимо установить приз за первое место. Это будет графический планшет HUION 680TF. Его стоимость составляет 251 BYN [7].

Данный комплекс продвижения будет стоить 1151 BYN.

Таким образом, при разработке чат-бота, который будет выдавать подписчикам интересные факты о спорте и белорусских спортсменах, а также рассылать стикеры, увеличится аудитория осведомленных людей. Следует отметить, что размещение чат-ботов в социальных сетях бесплатно, а количество подписчиков не ограничено.

Итак, общая стоимость рекламного мероприятия составит 2651 BYN.

Данные средства можно получить от Министерства спорта и туризма. Так как в государственной программе развития физической культуры и спорта в Республике Беларусь на 2016–2020 годы предусмотрена статья расходов на обеспечение выпуска рекламных материалов. И составляет эта статья 226393,6 BYN. Так же часть этой суммы можно окупить путем продажи рекламы спортивных организаций в своих социальных сетях. К примеру, на страничке футбольного клуба можно разместить рекламу магазина, продающего спортивную одежду и инвентарь. Рекламодателю будет интересно такое предложение, так как данную страничку посещают люди, интересующиеся спортом, а следовательно и спортивной продукцией.

Так как данная реклама носит больше социальный характер, то как таковой прибыли от нее не будет, однако ежедневный контакт с такой рекламой однозначно увеличит осведомленность населения в спортивных аспектах, а также повысит интерес к спортивным мероприятиям, что в дальнейшем приведет к получению прибыли от продажи билетов на соревнования. Как уже говорилось ранее, за рубежом некоторые спортивные команды настолько позаботились о своем бренде, что могут позволить себе полностью не зависеть от государственного финансирования. При должных усилиях этого могут добиться и белорусские команды.

Л и т е р а т у р а :

1. Билборды ИП Черненко / Билборды. – Режим доступа: <https://lgomel.by/>. – Дата доступа :: 15.02.2018.
2. Наружная реклама // Википедия. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Наружная_реклама](https://ru.wikipedia.org/wiki/Наружная_реклама). – Дата доступа: 05.02.2018.
3. Пост // Википедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Пост>. – Дата доступа: 5.02.2018.
4. Рекламный щит // Википедия. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Рекламный_щит](https://ru.wikipedia.org/wiki/Рекламный_щит). – Дата доступа: 02.02.2018.
5. Маркетинговые коммуникации // Викиреалити. – Режим доступа: [http://wikireality.ru/wiki/ Стикеры](http://wikireality.ru/wiki/Стикеры). – Дата доступа: 15.02.2018.
6. Вакансии // Моя реклама. – Режим доступа: <http://www.moyareklama.by>. – Дата доступа: 10.02.2018.
7. Графический планшет // Пятый элемент. – Режим доступа: <https://5element.by/products/474847-graficheskiy-planshet-huion-680tf>. – Дата доступа: 19.11.2017.
8. Что такое чат-боты и где они используются? // Спарк. – Режим доступа: <https://spark.ru/startup/oblakodom/blog/19766/что-такое-chat-boti-i-gde-oni-ispolzuyutsya>. – Дата доступа: 10.02.2018.

ПОВЫШЕНИЕ РОЛИ БРЕНДИНГА В ФОРМИРОВАНИИ ТУРИСТСКОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНА

К. И. Москаль

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Е. Н. Карчевская

Бренд – это наиболее эффективная технология создания ценности товара, услуги и самой компании. А. Репьев [1], президент рекламно-маркетингового агентства Mekka Advertising, рассматривает бренд так: «продукт – это то, что производят на заводе; бренд – то, что приобретает покупатель; продукт может скопировать конкурент; бренд – уникален; продукт может быстро устареть; успешный бренд – вечен».

В настоящее время существует два подхода к определению бренда:

– задача и также индивидуальные атрибуты: название, логотип и другие визуальные элементы (шрифты, дизайн, цветовые схемы и символы), позволяющие выделить компанию или продукт по сравнению с конкурентами;

– образ, имидж, репутация компании, продукта или услуги в глазах клиентов, партнеров, общественности.

Термин «брендинг территорий» появился только в XXI столетии, но данное явление существовало веками. С давних времен люди, стремясь создать благоприятные условия для привлечения ресурсов, интуитивно занимались тем, что теперь мы называли бы территориальным маркетингом и брендингом.

Продвижение города осуществлялось через создание религиозного центра, что позволяло привлечь паломников; а также путем проведения ярмарок, которые привлекали купцов, и служили центрами развлечений – на них стекались уличные артисты и гадалки.

Таким образом, бренд территории – это совокупность уникальных качеств, непреходящих общечеловеческих ценностей, отражающих своеобразие, неповторимые оригинальные потребительские характеристики данной территории и сообщества, широко известные, получившие общественное признание и пользующиеся стабильным спросом потребителей данной территории [2].

На сегодняшний день организации при выборе стратегии действий для достижения конкурентных преимуществ могут использовать различные методы (лидерство в издержках, дифференциация продукции, концентрация, интеграция).

Эффективность создания дифференцированных брендов для реализации туристских услуг подтверждает теория самоконцепции личности потребителя. Существует тождество между имиджем бренда организации и представлением потребителя о самом себе (рис. 1) [5].

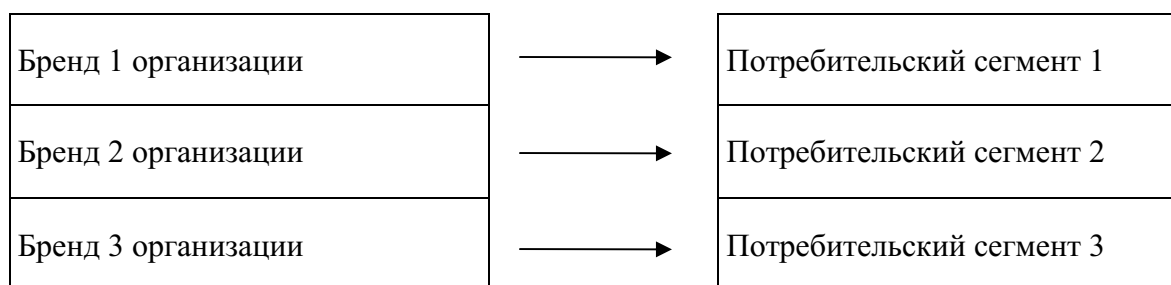


Рис. 1. Дифференцированный брендинг

Основные этапы стратегии дифференциации бренда. Первоначальным этапом стратегии дифференциации бренда туристской организации является изучение рынка для определения соотношения спроса и предложения, уровня цен и доходов, степени конкуренции и барьеров выхода на рынок, степени государственного регулирования данного рынка, наличия сезонных колебаний спроса и других параметров. Результатом таких исследований будет возможность определить перспективные рынки для создания нового бренда.

Необходимым этапом выработки стратегии дифференциации является изучение основных конкурентов. Знание сильных и слабых сторон конкурентов, их отличительных особенностей позволяет туристской организации выявить собственные конкурентные преимущества и определить свою позицию на рынке услуг, а также те особенности деятельности, которые будут отличать ее от других организаций и привлекать потребителей.

Дифференциация бренда туристской организации будет эффективной в том случае, если самоконцепция клиента и имидж выделенного организацией бренда будут идентичны, поэтому данный бренд должен иметь собственную индивидуальность, марочный имидж. Каждый бренд туристской организации рассчитан на потребителей определенного типа.

Потребители будут стремиться приобрести услуги с индивидуальностью, соответствующей их ценностям, жизненному стилю, социальному статусу. Выбор стратегии дифференциации бренда организации определяется также особенностями ее внутренней и внешней среды.

Рассмотрим процесс создания бренда. Создание бренда – это кропотливый процесс, который требует много времени, немалых затрат, опыта и знаний в дизайне, маркетинге, рекламе, психологии и проектном менеджменте. Нельзя просто захотеть создать новый бренд и сразу же приступить к его разработке. Необходимо соблюдать все этапы создания бренда [4]:

- составление, описание целей и планирование проекта;
- анализ текущей ситуации на рынке (маркетинговые исследования);
- составление и корректировка технического задания на разработку элементов бренда;
- поиск исполнителя и контроль выполнения работы;
- продвижение бренда и мониторинг его эффективности.

Некоторые из этапов будут постоянно повторяться, поскольку для каждого элемента необходимо составить отдельное техническое задание, найти исполнителя, проконтролировать и оценить результаты выполненной работы.

Особое значение в развитии любой дестинации имеет создание уникального туристического бренда.

Туристические бренды – это те достопримечательности, которые показывают гостям в первую очередь. Это те территории, без знакомства с которыми знакомство с данной местностью обычно считается неполным.

Туристические бренды можно классифицировать по разным принципам [3] (см. таблицу):

Типы туристических брендов

Типы туристических брендов	Примеры
Регион, часть территории, местность	Горный Алтай, Швейцарские Альпы, Крым, Валаам, Соловецкие острова, Тибет, Камчатка, Черноморское побережье Кавказа и др.
Природные объекты	Озеро Байкал, Волга, Эверест, Везувий, Ниагарский водопад
Памятники культуры и искусства	Пирамида Хеопса, Тадж Махал, Собор Василия Блаженного, Петергоф, Эрмитаж, Эйфелева башня, Парфенон, Колизей, усадьба А. С. Пушкина в Михайловском и др.
Маршруты, туры	«Золотое кольцо России», «Великий Чайный путь», «Ожерелье Санкт-Петербурга», «Классическая Италия», «Замки Луары»
События, мероприятия	Карнавалы в Бразилии и Венеции, Oktoberfest в Германии, оперный фестиваль в Вене, День огурца в Суздале и др.
Природные явления	Белые ночи, северное сияние, солнечное затмение, цветение вереска, альпийских лугов, грибная пора, звездопад и др.
Герои: исторические личности, народы, вымышленные персонажи	Мощи Серафима Саровского в Дивееве, резиденция Деда Мороза в Великом Устюге, Терем Снегурочки в Костроме, тропа инков в Перу, резиденция Далай-ламы, мавзолей В. И. Ленина и др.
Услуги	Тайский массаж, лечение грязями Мертвого моря, Кавказские минеральные воды, финские сауны, регистрация однополых браков и др.
Еда, напитки	Устричные базары во Франции, винные плантации и погреба во Франции и Италии, сыроварни в Швейцарии, пивные заводы в Чехии, чайные плантации на Цейлоне

Туристические бренды упрощают задачу позиционирования и продвижения города, местности, региона или страны, где они расположены, на туристическом рынке.

В Республике Беларусь наиболее ярко представлены следующие типы туристических брендов:

- региональные бренды (Полесье);
- природные объекты (Браславские озера, Геодезическая дуга Струве);
- памятники культуры и искусства (Мирский, Несвижский замки, Брестская крепость, Гомельский дворцово-парковый ансамбль);
- события и мероприятия (фестиваль «Славянский базар»).

Необходимость географического подхода при формировании и развитии бренда территории заложена уже в самом понятии. Однако анализ зарубежных и отечественных кампаний по брендингу места показывает, что довольно часто свойства территории игнорируются в угоду бренду, и соответственно географический подход не рассматривается в качестве базы исследования. Самыми устойчивыми из всех видов территориальных брендов считаются бренды городов ввиду того, что они менее подвержены влиянию политических факторов (по сравнению с брендом страны) и экономическим рискам (по сравнению с корпоративными брендами). Следовательно, необходимо проведение маркетинговых исследований по изучению бренда Республики Беларусь и ее населенных пунктов с использованием различных методов географических исследований.

Литература

1. Гэд, Т. 4D брендинг – взламывая корпоративный код сетевой экономики : пер. с англ. / Т. Гэд. – 3-е изд. – СПб. : Стокгольмск. шк. экономики в Санкт-Петербурге, 2005. – 228 с.
2. Привлечение инвестиций, предприятий, жителей и туристов в города, коммуны, регионы и страны Европы / Ф. Котлер [и др.] // Рекламодатель: теория и практика. 2009. – № 2. – С. 31–45.
3. Панкрухин, А. П. Маркетинг территорий / А. П. Панкрухин. – СПб. : Питер, 2006. – 416 с.
4. Брендинговое агентство KOLORO. – Мс., 2010–2017. – Режим доступа: <https://koloro.ua/blog/brending-imarketing/5-jetapov-sozdaniya-brenda-i-razrabotka-jelementov-ego-dizajna.html>. – Дата доступа: 30.09.2017.
5. Open Library. – Мс., 2017. – Режим доступа: <http://oplib.ru/random/view/336623>. – Дата доступа: 30.09.2017.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАРКЕТИНГОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ ГОСТИНИЦАМИ ГОРОДА ГОМЕЛЯ

А. П. Равковская

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Л. Л. Соловьева

В настоящее время гостиница должна отбирать целевые рынки, исследовать их нужды, подготавливать послание, выбирать необходимые издания, телепередачи и радиoprogramмы, которые бы эффективно повлияли на сегмент. Все это невозможно без применения маркетинговых исследований и коммуникаций. Очень важно исследовать методы коммуникационной политики для перенятия наиболее удачных схем в гостиничной сфере. Это позволяет наладить определенные отношения с потенциальными клиентами и увеличить эффективность деятельности гостиничного предприятия в целом. На сегодняшний день наибольшее распространение получили такие методы коммуникационной политики как: реклама, стимулирование сбыта, личные продажи и связи с общественностью или PR.

1. Реклама – форма, которая используется для достижения множества целей, а именно, создания имиджа продукта или изменения отношения к нему.

2. Стимулирование сбыта используется компаниями для кратковременного побудительного воздействия на потенциальных клиентов.

3. Личные продажи. Этот метод включает в основном общение «тет-а-тет» или по телефону между продавцом и клиентами.

4. Связи с общественностью (PR) – применение средств массовой информации для благожелательного освещения гостиничного продукта или изменения общественного мнения о нем. Информация передается с помощью пресс-релизов или редакционных заметок.

Кроме этих четырех основных элементов в продвижении используют и такое мероприятие, как спонсорство, которое зарубежные авторы иногда соединяют с публичными рилейшнз (PR). Оно представляет собой материальную и финансовую помощь в гостиничной деятельности, несмотря на то, что эта бизнес-среда не является непосредственной сферой деятельности спонсора [1].

Наибольшее распространение среди гостиниц города Гомеля получили такие маркетинговые коммуникации как реклама в газетах и журналах, а также информационно-рекламные материалы (каталоги, проспекты, буклеты). Реклама на радио или ТВ, реклама на транспорте, электронная реклама и некоторые другие виды практикуются гораздо реже.

Реклама является наиболее эффективным средством продвижения в гостиничном бизнесе. Гостиничная реклама, используемая гостиничными предприятиями Беларуси, подразделяется на несколько видов: внутренняя, наружная и внешняя [2].

Внутренняя реклама в гостиницах Гомеля представлена визитками, буклетами с информацией об отеле и предоставляемых им услугах, координаты, а также информационными листовками, папками в номерах и на стойке регистрации. Содержание и оформление рекламы зависят от назначения гостиницы и особенностей ее клиентуры.

В качестве наружной рекламы белорусские гостиницы зачастую используют вывески и дорожные указатели на трассе и при въезде в город.

Внешняя реклама – реклама, информирующая всех потенциальных потребителей о существовании места размещения и предоставляемых услугах, осуществляется посредством рекламы в Интернете, страничками на туристических порталах и на сайтах партнеров (Booking.com, «101 отель» и другие сайты). Кроме того, сегодня белорусские гостиницы нередко практикуют технологии контекстной рекламы.

Стимулирование продаж в индустрии гостеприимства практикуется путем предложения бесплатных ночевков в отелях или бесплатной дегустации крепких напитков в ресторанах в целях повышения спроса на их продукцию в определенные периоды [3].

Гомельские гостиницы зачастую используют в качестве основных средств стимулирования продаж купоны на право бесплатного пользования отдельными услугами гостиницы (бассейн, спортплощадки, бар), поощрения за регулярное пользование гостиничными услугами (бонусы, скидки с цены), а также открытые сувенирные прилавки внутри гостиницы. Эти мероприятия, как правило, применяют в течение непродолжительного периода времени.

Личные продажи часто применяют менеджеры по организации конференций в крупных гостиничных комплексах: ответственное лицо изучает списки запланированных на ближайшее время собраний и конференций, связывается с их организаторами, чтобы предложить проведение данного конкретного мероприятия в своей гостинице.

Связи с общественностью во многом помогают предотвратить появление нежелательной информации, помогают определить имидж организации для широкой аудитории, распространять информацию о той или иной деятельности организации.

Добиться сразу нескольких задач по продвижению гостиничного продукта во многом позволяют Интернет-коммуникации, а именно – социальные сети. Особенно актуально это сейчас, в современном компьютеризованном информационном мире. Что касается представительства гостиниц Гомеля в социальных сетях, то для анализа потребовалось исследовать 14 основных гостиничных предприятий, функционирующих в городе. В таблице показано, какие социальные сети используют гомельские гостиницы, какую информацию предоставляют, а также количество подписчиков для каждого ресурса.

Представительство гостиниц г. Гомеля в социальных сетях

Название гостиницы	Социальные сети	Представление	Количество подписчиков
Гостиница «Амакс Визит»	ВКонтакте	Страница с информацией о гостинице г. Гомеля есть только в сети Instagram	19503
	Facebook		45410

Окончание

Название гостиницы	Социальные сети	Представление	Количество подписчиков
	Instagram		850
	Twitter		2126
Гостиница «Вилла Роза»	ВКонтакте	Информация о месторасположении, основные контакты, новости и фото	163
Гостиница «Гомель»	Twitter	Контактная информация, фото и видео, новости, обратная связь	53
	ВКонтакте		177
	Facebook		68
Отель «Замковый»	ВКонтакте	Новости, фото, комментарии и обсуждения	50
Гостиничный комплекс «Турист»	ВКонтакте	Информация о гостинице, новости, видео, фото, комментарии и обсуждения	354
	Facebook		116
	Одноклассники		127
Гостиница «Октябрьская»	–	–	–
Гостиница «Парадиз»	ВКонтакте	Новости, видео, фото, комментарии и обсуждения	52
	Instagram		121
Отель «Престиж»	–	–	–
Отель «Сож»	–	–	–
Отель «Сити»	ВКонтакте	Основная информация, фото, новости, обсуждения	524
	Одноклассники		850
Гостиница «Центральная»	ВКонтакте	Основная информация о гостинице, фото, новости	8
	Facebook		72
	Одноклассники		4
	Twitter		1
Гостиница «Цирк»	ВКонтакте	Программа выступлений, информации о гостинице практически нет	5004

На основании данных из таблицы, делаем вывод, что, чаще всего, гостиницами используются такие социальные сети как ВКонтакте, Одноклассники, Инстаграм, Фэйсбук и Твиттер. При этом не все гостиницы города Гомеля имеют свое представительство в социальных сетях. Несколько гостиниц не имеют не только страниц в социальных сетях, но и официального сайта как такового.

Гостиницам Гомеля следует больше внимания такому незаменимому в современном мире направлению, как интернет-коммуникации. Создание страничек в социальных сетях, электронных порталах или платформах, а также активное их ведение существенно повышает уровень заинтересованности потенциальных клиентов в размещении в данной конкретной гостинице.

Литература

1. Папирян, Г. А. Элементы маркетингового комплекса / Г. А. Папирян. – М. : Финансы и статистика, 2000. – 208 с.
2. Арсеньев, А. Новости гостиничного бизнеса / А. Арсеньев. – Режим доступа: <http://hotelmaster.ru/makemoney>. – Дата доступа: 20.03.2018.
3. Внутренний и внешний маркетинг гостиничной деятельности : информ. портал. – Режим доступа: <http://www.marketingweek.ru>. – Дата доступа: 18.03.2018.

БЕЛОРУССКАЯ КОСМЕТИКА: ИССЛЕДОВАНИЕ СПРОСА**М. С. Рейбандт, К. С. Семенова***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Е. Н. Карчевская

Бытует мнение, что хорошей может быть только импортная косметика. Удивительно, но многие не раз замечали, как те самые иностранцы выносят нашу декоративную косметику корзинами. Оникупают нашу тушь коробками, а помады берут про запас и годами хранят в холодильнике. Думаете, это из-за невысокой цены? Нет, их подкупает качество белорусской косметики [3].

Целью настоящего исследования является подтверждение конкурентоспособности белорусской косметики.

Задачи: проведение анализа, сравнение белорусских фирм с зарубежными, анализ спроса фирм, выпускающих белорусскую косметику.

Методы исследования: анализ источников, сравнительный анализ.

Гигиеническая косметика. Мирового признания белорусская косметика по уходу пока еще не получила, но интерес к ней уже повсеместно набирает обороты. Она доступна, качественна и предлагает широкий ассортимент продукции. Однако многих отпугивает именно низкая цена на косметические средства по уходу за кожей лица из Беларуси. Разве могут быть они высокоэффективными, если стоят копейки? Сейчас разберемся [4].

У марки Liv Delano есть восхитительное масло для тела, которое пахнет вишневыми косточками, хороший гель для умывания, совсем неагрессивный, и интересные маски для лица и волос.

При этом Liv Delano – единственная марка уходовой косметики из нашего списка, у которой в лидерах продаж оказалась серия для мужчин. Было неожиданно, что ее будут так расхватывать, потому что новые серии для мужчин всегда распродаются медленнее. Самым популярным в серии оказался шампунь для всех типов волос.

Второй по популярности продукт у марки – гель для интимной гигиены: наверняка высокие продажи обоснованы составом, в котором нет сульфатов.

На третьем месте – скрабы для тела. Важная задача, которую ставят перед собой владельцы бренда, – не идти вдогонку за другими белорусскими косметическими фирмами, а найти на рынке свою собственную уникальную нишу.

Марка уходовой косметики Markell существует с 1993 г.

У Markell обычно симпатичные упаковки. В 2016 г. хитом продаж у марки стал минеральный биодезодорант для тела «Бамбук». Особой популярностью пользовались дневной крем-комфорт для сухой и нормальной кожи с муцином улитки и спрей-автозагар для светлой кожи.

Самые запоминающиеся вещи у марки «Белкосмекс» – это тканевые маски для век и лица «Домашний косметолог», причем «Белкосмекс» первыми выпустили та-

кие продукты в СНГ. Хит продаж – это маски для век, самые продаваемые среди них – против мешков и темных кругов, «Мгновенный лифтинг» и «Перед торжеством». На втором месте по продажам – маски для лица «Домашний косметолог».

На третьем месте – серия увлажняющих кремов для лица Hialuron+ для разных возрастов. Кроме кремов с пометками 20+, 30+, 40+ и 50+ недавно появился крем с пометкой 60+.

Компании «МОДУМ» уже больше 20 лет, и все эти годы она производит современные штуки вроде индикатора зубного налета и серии с пребиотиками.

Хитом продаж стал несмываемый кондиционер-термозащита для волос Healthy Harry Hair. На втором месте – крем-масло для рук Nordic Flora. Третье место по продажам – у отбеливающей зубной пасты «32 жемчужины» для чувствительных зубов.

Крем-сатин для кожи рук и ногтей на пшенице «Белита». Один из самых популярных белорусских бьюти-продуктов. Увлажняет кожу рук и делает ногти крепче. Маска-восстановление с кератином Keratin Active от «Белита-Витэкс».

Идеальна для восстановления пересушенных волос [2].

Декоративная косметика. Белорусский рынок декоративной косметики держится на трех китах: Relouis, BelorDesign, LUXVISAGE. Это крупнейшие торговые марки народного производства [3].

Бренд Relouis существует уже более 20 лет. Его создали два бизнесмена, один из Италии, другой из Беларуси. Ассортиментный перечень содержит более 600 наименований и включает все группы декоративной косметики. Продукты традиционные и трендовые. Широкая цветовая гамма и постоянно обновляющиеся коллекции.

Наиболее известными продуктами бренда Relouis в настоящее время являются:

1. Помада Relouis True Matte Complimenti.

По отзывам покупателей, помада имеет стойкий, яркий цвет. А главное – стоимость помады колеблется от 3,5 до 4,5 р. Ее могут позволить себе многие.

Помада серии La mia Italia. Ее упаковка – аналог помады «Шанель».

2. Гель для бровей Fix&Color.

Есть четыре оттенка – от совсем светлого до черного, что подойдет любой девушке.

3. Тушь Relouis XXXL. Тушь входит в число самых продаваемых у марки «Релуи» – у нее много поклонников.

Тушь «Пышные реснички» фаворит среди белорусских женщин, является народным лидером.

Компания Relouis закупает составляющие у крупнейших итальянских производителей – Intercos (здесь же изготавливается продукция для фирм Dior, Este Lauder, Garlen), Chromavis (у них же закупаются Pupa, Dior, Oriflame). Другими крупными партнерами-поставщиками стали мировые лидеры из Германии.

Компания «Белор-Дизайн» существует на парфюмерно-косметическом рынке уже более 25 лет. Преимуществами компании являются соответствие мировым тенденциям, применение передовых технологий, широкий ассортимент качественной продукции в сочетании с доступными ценами.

Самые ходовые продукты:

1. Стойкая подводка для глаз «Линия стиля». Существует в трех оттенках: черный, коричневый, синий. Цена – 6–7 р.

2. Тушь BelorDesign Podium Extreme. Цена 4–5 р.

3. Компактная пудра «Party».

Преимущества компактной пудры «Party»: наличие зеркальца; удобный мягкий спонж внутри; наличие второй прозрачной крышечки; на которую кладется спонж; делает кожу бархатистой; незаметна; ровно ложится.

Компания «Белор-Дизайн» отказалась от полуфабрикатов и изготавливает полностью самостоятельный продукт. Сырье компания также закупает у крупных европейских фирм.

Среди декоративной косметики бесспорным лидером является бренд LUXVISAGE. Особую популярность он обрел благодаря своим тушам для ресниц. По многочисленным отзывам они не уступают ни в чем брендам с мировым именем. Компания регулярно пополняет рынок новинками.

1. Тушь «XXL эффект накладных ресниц». Эта тушь – лидер всех продаж и любимица миллионов. Цена: 6–7 р.

Тушь «Секрет роскошных ресниц». Примечательна она тем, что имеет невероятно насыщенный пигмент. Она выпускается в трех оттенках: черном, синем и коричневым. Цена – 5 р.

2. Подводка-фломастер для глаз LUXVISAGE Perfect Color. Продается в шести цветах, среди которых, помимо стандартного черного, есть и зеленый, и серый, и небесно-голубой. Цена: 6–7 р.

3. Губная помада LUXVISAGE GLAM LOOK cream velvet. Стоимость – 3,5 бел. р. [5].

В бюджетном сегменте рынка белорусская косметика успешно конкурирует с импортными производителями. Но наша косметика способна конкурировать и с более дорогими западными брендами, которым она не уступает по качеству.

Все ведущие косметические фирмы в Европе закупают сырье и компоненты у одних и тех же производителей. У крупнейших европейских поставщиков покупают компоненты и белорусские компании. Всем понятно, что технологии изготовления отличаются, но часто покупатель платит просто за бренд.

А низкую цену белорусской косметики можно объяснить следующим образом. Производители хотят обеспечить население доступным и качественным продуктом. Желают, чтобы каждая женщина могла выглядеть ухоженно и привлекательно.

Также компании не вкладывают огромные суммы в рекламу своих товаров, так как отзывы о белорусской косметике для лица были известны еще в прошлом веке. Люди знают и любят эти товары и за качество, и за то, что не нужно переплачивать [1].

Литература

1. Новости // Последние новости Беларуси из разных источников. – Режим доступа: <http://news.21.by/other-news/2012/09/27/627169.html>. – Дата доступа: 13.03.2018.
2. Косметика // Городской онлайн-журн. – Режим доступа: <http://kaktutzhit.by/posts/24-best>. – Дата доступа: 13.03.2018.
3. Белорусская декоративная косметика. – Режим доступа: <http://www.emily.by/beloruskaya-dekorativnaya-kosmetika-otzyvy/>. – Дата доступа: 13.03.2018.
4. Белорусская косметика для лица. – Режим доступа: <https://rosy-cheeks.ru/beloruskaya-kosmetika-dlya-lica.html>. – Дата доступа: 13.03.2018.
5. Белорусская косметика. – Режим доступа: <https://cosmetology-info.ru/6598/cosmetics-Beloruskaya-kosmetika-brendy-i-assortiment/>. – Дата доступа: 13.03.2018.

ОЦЕНКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ СПОРТИВНОГО ТУРИЗМА

Д. А. Шандрок

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Л. Л. Соловьева

Цель научной работы – оценка конкурентоспособности спортивного туризма Республики Беларусь на примере горнолыжного туризма, входящего в состав спортивного.

Актуальность темы состоит в том, что в настоящее время спорт и активный отдых набирают обороты среди населения, все больше людей предпочитают активный отдых пассивному; для того, чтобы привлечь больше активных туристов на национальные курорты, необходимо понимать, в чем их преимущества и в чем они уступают зарубежным базам отдыха.

Конкурентами в сфере спортивного туризма являются виды туризма, входящие в его состав, то есть конный, водный, горнолыжный и т. д. Каждый из этих видов конкурирует друг с другом, так как всех их объединяет одно – возможность активного отдыха.

Конкуренция внутри отрасли спортивного туризма является неценовой, так как отдельные виды туризма, входящие в спортивный туризм, соперничают между собой не с помощью ценовой войны. Потребители, которые хотят, например, отдохнуть на горнолыжном курорте, на наш взгляд, будут готовы заплатить больше и отправятся кататься на лыжах, нежели согласятся на конную прогулку.

Оценим конкурентоспособность горнолыжного туризма в Республике Беларусь по сравнению с другими странами. Горнолыжный туризм был выбран, так как это один из самых популярных видов туризма, которые входят в состав спортивного. В качестве услуги спортивного туризма в анализе использованы горнолыжные комплексы стран, страны для сравнения: Россия, Польша и Австрия. Эти страны выбраны для сравнения не случайно, Россия и Польша находятся в непосредственной близости к Беларуси, а Австрия – страна, горнолыжные курорты которой считаются эталоном, поэтому значения показателей горнолыжных курортов Австрии являются базой для расчета конкурентоспособности.

Показатели, по которым будет оцениваться спортивный туризм каждой страны и их значения, указаны в таблице. Данные, указанные в таблице, взяты из официальной статистики анализируемых стран, отзывов потребителей услуг, сайтов горнолыжных комплексов. Оценка таких показателей, как надежность, безопасность и качество обслуживания осуществлялась по 5-балльной шкале. Все показатели размещены в таблице в порядке важности для потребителя.

Показатели и их значения для определения уровня конкурентоспособности

Показатель	Важность	Австрия (баз.)	Россия	Польша	Беларусь
Безопасность, балл	1	5	4	4	5
Надежность, балл	2	5	4	4	5
Цена, \$	3	50	20	20	25
Качество обслуживания, балл	4	5	4	4	4

Окончание

Показатель	Важность	Австрия (баз.)	Россия	Польша	Беларусь
Доступность горнолыжных баз отдыха, балл	5	5	3	4	1

Безопасность – отсутствие опасности для жизни и здоровья во время отдыха на горнолыжных курортах, обеспечение полной охраны имущества человека в том числе. Надежность – это показатель, который характеризует состояние трасс, состояние подъемников, креплений, оборудования и экипировки. Под качеством обслуживания подразумевается сервис, быстрота реагирования работников, их реакция в случае непредвиденных ситуаций. Под доступностью понимается количество горнолыжных баз отдыха на территории страны и их территориальное расположение в стране, т. е. удобство приезда.

Чтобы произвести расчет конкурентоспособности, необходимо определить значимость каждого показателя для потребителя. Расчет производится по формуле (1):

$$H_i = \frac{P_{\max} - P_i + 1}{\sum P_i}, \quad (1)$$

где H_i – значимость i -го показателя; P_{\max} – максимальный ранг (число показателей); P_i – ранг i -го показателя.

В результате подсчета значимости для каждого показателя, получили следующие данные: значимость показателя безопасности – 0,4; надежности – 0,3; качества обслуживания – 0,2; доступности – 0,1.

Оценим конкурентоспособность услуг спортивного туризма в вышеуказанных странах. Для дальнейшего расчета конкурентоспособности используем формулу (2):

$$K = I_p I_k / I_э, \quad (2)$$

где K – конкурентоспособность; I_p – групповой регламентирующий показатель, его значение можно взять равным 1; I_k – групповой качественный показатель; $I_э$ – групповой экономический показатель.

Для получения группового качественного показателя используем формулу (3):

$$I_k = \sum_{i=1}^n q_{ci} w_i, \quad (3)$$

где w_i – коэффициент значимости i -го качественного сопоставимого показателя; q_{ci} – единичный качественный i -й показатель конкурентоспособности.

Сопоставление показателей оцениваемого и базового образца осуществляется по качественным показателям, исходя из общего условия:

$$q_{ci} = \frac{P_i}{P_{\text{баз}}}, \text{ если рост показателя } p \text{ приводит к росту конкурентоспособности;}$$

$$q_{ci} = \frac{P_{\text{баз}}}{P_i}, \text{ если рост показателя } p \text{ приводит к снижению конкурентоспособности.}$$

Групповой экономический показатель рассчитывается по следующей формуле (4):

$$I_3 = \frac{\sum \Pi_i}{\Pi_{\text{баз}}}, \quad (4)$$

где Π_i – цена на оцениваемый товар/услугу; $\Pi_{\text{баз}}$ – цена на базовый товар/услугу.

По смыслу K отражает различие между сравниваемыми товарами в потребительском эффекте, приходящемся на единицу затрат потребителя на их приобретение и использование.

$K < 1$ – анализируемое изделие уступает базовому образцу; $K > 1$ – превосходит образец; $K = 1$ – равная КТ.

Для Беларуси:

$$I_k = \frac{5}{5} \cdot 0,4 + \frac{5}{5} \cdot 0,3 + \frac{4}{5} \cdot 0,2 + \frac{1}{5} \cdot 0,1 = 0,88;$$

$$I_3 = \frac{25}{50} = 0,5;$$

$$K_{\text{Беларусь}} = 1 \cdot \frac{0,88}{0,5} = 1,76.$$

Для России:

$$I_k = \frac{4}{5} \cdot 0,4 + \frac{4}{5} \cdot 0,3 + \frac{4}{5} \cdot 0,2 + \frac{3}{5} \cdot 0,1 = 0,78;$$

$$I_3 = \frac{20}{50} = 0,4;$$

$$K_{\text{Россия}} = 1 \cdot \frac{0,78}{0,4} = 1,95.$$

Для Польши:

$$I_k = \frac{4}{5} \cdot 0,4 + \frac{4}{5} \cdot 0,3 + \frac{4}{5} \cdot 0,2 + \frac{4}{5} \cdot 0,1 = 0,8;$$

$$I_3 = \frac{20}{50} = 0,4;$$

$$K_{\text{Польша}} = 1 \cdot \frac{0,8}{0,4} = 2.$$

Таким образом, получаем:

$$K_{\text{Беларусь}} = 1,76;$$

$$K_{\text{Россия}} = 1,95;$$

$$K_{\text{Польша}} = 2.$$

Можно сделать вывод, что самым конкурентоспособным является спортивный туризм в Польше, это связано, на наш взгляд, с тем, что там установилось самое адекватное соотношение «цена–качество». Конкурентоспособность России является средним показателем, т. е. конкурентоспособность горнолыжных баз России ниже, чем в Польше, но выше, чем в Беларуси. В Беларуси показатель конкурентоспособности горнолыжных курортов самый низкий из рассмотренных стран, что связано с отсутствием в Беларуси необходимого ландшафта для постройки горнолыжных курортов, а техническими средствами не заменить природные горы. Для того чтобы увеличить конкурентоспособность белорусских горнолыжных курортов, повысить качество обслуживания, а также установить цену, которая будет соответствовать качеству. Также не лишним будет больше информировать потребителей и всевозможными приемлемыми способами привлекать потребителя на горнолыжный курорт в первый раз, а для того чтобы удержать, необходимо поддерживать описанные выше показатели на высшем уровне.

Литература:

1. Статистический ежегодник–2017 / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Режим доступа: http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/379661. – Дата доступа: 13.03.2018.
2. Министерство спорта и туризма Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.mst.by/>. – Дата доступа: 12.03.2018.

ФОРМИРОВАНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ КЛИЕНТАМ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНОВ

А. В. Шах

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель О. В. Лапицкая

С развитием электронной коммерции пользователи начали сталкиваться со сложностью выбора наиболее подходящего варианта из огромного разнообразия товаров и услуг, которые предоставляют вебсайты. Взрывной рост и разнообразие информации, доступной в интернете, и быстрое внедрение новых электронных сервисов часто перегружают пользователей информацией, что приводит к принятию ими неоптимальных решений.

В настоящее время рекомендательные сервисы являются ценным средством борьбы с проблемой информационной перегрузки и представляют собой программные инструменты и методы, которые обеспечивают предложения по предметам, которые, скорее всего, представляют интерес для конкретного пользователя.

Предложения относятся к различным процессам принятия решений, таким как, какие предметы купить, какую музыку послушать или какие новости читать.

Поскольку рекомендации, как правило, персонализированные, различные пользователи или группы пользователей могут извлечь выгоду из разнообразных рекомендаций. Кроме того, существуют также неперсонализированные рекомендации. Типичные примеры таких рекомендаций: самые продаваемые книги, компакт-диски и т. д.

В своей простейшей форме персональные рекомендации предлагаются в качестве списка предметов и их рейтингов. При вычислении этого рейтинга, сервис пытается определить наиболее подходящие продукты или услуги, в зависимости от предпочтений и ограничений пользователя. Для выполнения такой вычислительной задачи, необходимо собирать информацию о предпочтениях пользователей, которые либо выражены явно, например, в качестве оценки для продуктов или выводятся путем интерпретации действий пользователя. Например, можно рассматривать факт просмотра конкретной страницы веб-сайта как неявный признак предпочтения элементов, показанных на этой странице.

Актуальность данной темы заключается в том, что рекомендательные системы изменили способы взаимодействия веб-сайтов со своими пользователями. Вместо предоставления статической информации, когда пользователи ищут и, возможно, покупают продукты, рекомендательные системы увеличивают степень интерактивности для расширения предоставляемых пользователю возможностей, формируют предложения независимо для каждого конкретного пользователя на основе его прошлых покупок и поисков, а также на основе поведения других пользователей [1].

Выделяют следующие формы рейтингов:

- численные оценки, такие как оценка от 1 до 5;
- порядковые рейтинги, такие как «полностью согласен, согласен, нейтральный, не согласен, сильно не согласен», где пользователю предлагается выбрать термин, который лучше всего указывает на его мнение по поводу предмета;
- бинарные рейтинги, которые моделируют пользовательские решения (факт покупки или просмотра товара).

Выделяют следующие методы для формирования рекомендаций.

1. *Основанные на контенте.* Система учится рекомендовать элементы, которые похожи на те, что пользователю понравились в прошлом. Сходство элементов рассчитывается исходя из характеристик сравниваемых элементов. Например, если пользователь оценил фильм, который принадлежит к жанру комедии, то система может научиться рекомендовать другие фильмы из этого жанра. Классические методы рекомендаций на основе контента направлены на соответствие атрибутов профиля пользователя с атрибутами элементов. В большинстве случаев атрибутами являются просто ключевые слова, которые извлекаются из описания контента.

2. *Коллаборативная фильтрация.* Оригинальная и наиболее простая реализация этого подход дает рекомендации пользователю на основе предметов, которые понравились в прошлом пользователям с похожими вкусами. Сходство во вкусе двух пользователей рассчитывается на основе сходства рейтингов пользователей. Коллаборативная фильтрация считается самым популярным и широко применяемым методом формирования рекомендаций.

Коллаборативная фильтрация, в свою очередь, также разделяется на 2 основных подхода: основанный на соседстве и основанный на модели.

Подход, основанный на соседстве, является исторически первым в коллаборативной фильтрации и используется во многих рекомендательных системах. В данном подходе для активного пользователя подбирается подгруппа пользователей, схожих с ним. Комбинация весов и оценок подгруппы используется для прогноза оценок активного пользователя.

У данного подхода можно выделить следующие основные шаги:

- присвоить вес каждому пользователю с учетом схожести его оценок и активного пользователя;

– выбрать несколько пользователей, которые имеют максимальный вес, т. е. максимально похожи на активного пользователя. Данная группа пользователей и называется соседями;

– высчитать предсказание оценок активного пользователя для неоцененных им предметов с учетом весов и оценок соседей.

Подход, основанный на модели, предоставляет рекомендации, измеряя параметры статистических моделей для оценок пользователей, построенных с помощью таких методов как метод байесовских сетей, кластеризации, латентной семантической модели, такие как сингулярное разложение, вероятностный латентный семантический анализ и др. Модели разрабатываются с использованием интеллектуального анализа данных, алгоритмов машинного обучения, чтобы найти закономерности на основе обучающих данных. Число параметров в модели может быть уменьшено в зависимости от типа с помощью метода главных компонент.

Этот подход является более комплексным и дает более точные прогнозы, так как помогает раскрыть латентные факторы, объясняющие наблюдаемые оценки.

Данный подход имеет ряд преимуществ. Он обрабатывает разреженные матрицы лучше, чем подход, основанный на соседстве, что в свою очередь помогает с масштабируемостью больших наборов данных.

Недостатки этого подхода заключаются в «дорогом» создании модели, проблеме «холодного старта», возникающей по причине отсутствия информации о рейтингах для новых пользователей и товаров [2].

Разработанное приложение позволяет формировать следующие типы рекомендаций: персонализированные рекомендации товаров пользователям на основе их явного и неявного отклика, неперсонализированные рекомендации товаров, которые наиболее схожи с текущим товаром (продуктом), который пользователь, например, просматривает в данный момент; рекомендации товаров пользователю, полученные путем кластеризации пользователей на основе их характеристик и поведения.

Последние два типа рекомендаций применяются в случае так называемой проблемы «холодного старта»: ситуации, в которой система не может формировать рекомендации новым пользователям в связи с отсутствием или небольшим количеством явного и неявного отклика от этих пользователей – проблема нового пользователя. Приложение позволяет задавать значение порога по достижению которого пользователь перестает считаться новым.

Для формирования персонализированных рекомендаций пользователям на основе их явного и неявного отклика предлагается использовать коллаборативную фильтрацию с использованием латентной модели факторов на основе матричного разложения с учетом неявного отклика (SVD++).

Пусть $N_{(u)}^1$ – множество товаров, которые пользователь u просмотрел; $N_{(u)}^2$ – множество товаров, которые пользователь u купил; $N_{(u)}^3$ – множество товаров, которые пользователь u добавил в wish list.

Тогда значение рейтинга вычисляется по формуле

$$\overline{r_{u,i}} = m + b_i + b_u + q_i^T \left(p_u + |N_{(u)}^1|^{-0,5} \sum_{j \in N_{(u)}^1} y_j^{(1)} + |N_{(u)}^2|^{-0,5} \sum_{j \in N_{(u)}^2} y_j^{(2)} + |N_{(u)}^3|^{-0,5} \sum_{j \in N_{(u)}^3} y_j^{(3)} \right).$$

Минимизация осуществляется стохастическим градиентным спуском.

Рекомендательные механизмы сортируют огромные объемы данных для выявления потенциальных предпочтений пользователей.

Результатом данного проекта является приложение для формирования рекомендаций клиентам интернет-магазинов.

Возможности сбора данных, которые предоставляет Интернет, существенно упростили формирование рекомендаций с помощью коллаборативной фильтрации. С другой стороны, огромное количество доступных данных усложняет реализацию этой возможности. К примеру, поведение некоторых пользователей вполне поддается моделированию, однако другие пользователи не демонстрируют типичного поведения. Наличие таких пользователей может приводить к смещению результатов рекомендательной системы и к снижению ее эффективности. Кроме того, пользователи могут воздействовать рекомендательную систему для повышения предпочтительности одного продукта относительно другого продукта – например, посредством отправки позитивных отзывов об одном продукте и негативных отзывов о его конкурентах. Хорошая рекомендательная система обязана справляться с этими проблемами [1].

Литература

1. Рекомендательные системы. Часть 1. Введение в подходы и алгоритмы. – Режим доступа: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/os-recommender1>. – Дата доступа: 05.04.2018.
2. Коллаборативная фильтрация. – Режим доступа: <https://intellect.ml/kollaborativnaya-filtratsiya-4778>. – Дата доступа: 05.04.2018.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ SMM-МАРКЕТИНГА В ПРОДВИЖЕНИИ ПРОДУКЦИИ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В. Н. Шереш

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Е. Н. Карчевская

Поскольку маркетинг подразумевает тесный контакт с потребителями и является одним из наиболее динамичных видов деятельности предприятия, то он вынужден следовать современным тенденциям в области коммуникаций. Особенно ярко это стало заметно в последнее десятилетие, когда предприятия вслед за потребителями начали использовать интернет-ресурсы, создав и популяризовав новые направления, базирующиеся на интернет-технологиях.

Интернет-маркетинг можно рассматривать с двух сторон [1]: во-первых, как перенос классических форм маркетинга в сеть интернет и, во-вторых, как развитие новых принципов и техники маркетинга на основе информационных технологий.

Интернет-маркетинг – новый вид маркетинга, включающий традиционные элементы (товар, распределение, продвижение, маркетинговые исследования), реализуемый с помощью сети интернет в дистанционном, интерактивном режиме, и потому обеспечивающий возможность ускорения, удешевления и более качественного осуществления всех маркетинговых процессов [2].

Основными разделами интернет-маркетинга являются: медийная реклама, контекстная реклама, поисковый маркетинг, прямой маркетинг, вирусный маркетинг, партизанский маркетинг, интернет-брендинг и продвижение в социальных сетях (SMM).

При этом последнее направление – SMM (Social Media Marketing) – маркетинг в социальных медиа – это продвижение товаров и услуг в социальных сетях, которые воспринимаются маркетингом как социальные медиа.

Маркетинг социальных медиа – это эффективный инструмент, с помощью которого посетители привлекаются на сайт из социальных сетей, сообществ, блогов, дневников и форумов. Внимание потребителей можно получить, купить с помощью рекламы. Доверие целевой аудитории купить нельзя, его можно только заработать. Социальные медиаплатформы – современный инструмент для взаимодействия с целевой аудиторией. Сегодня аудитория социальных сетей сравнима с аудиторией телевизионных телеканалов, только она более внимательна и активна. SMM имеет больше общего с сетевым PR, чем с рекламой. SMM это непосредственная работа в сообществах, которые охватывают целевую группу пользователей. Это инструменты прямого и скрытого взаимодействия с целевой аудиторией [1].

Преимущества маркетинга в социальных сетях:

- пользователи не относятся к продвижению в социальных сетях как к рекламе, следовательно, они доверяют этой информации больше, чем рекламным объявлениям;
- широкий охват целевой аудитории, возможно привлечение посетителей вне зависимости от их региональной принадлежности;
- возможность рекламировать товар без наличия сайта – это удобно для малого бизнеса. Можно создать страницы вашей компании в социальных сетях, с описанием товаров или услуг, и приводить клиентов именно на нее;
- таргетинг (разделение пользователей на группы): возможность выбора целевой аудитории с высокой степенью точности;
- наличие обратной связи с целевой аудиторией, что позволяет быстро реагировать на пожелания или замечания потенциальных клиентов;
- оперативная реакция на рекламу: в отличие от поискового продвижения, реакцию на публикацию в социальной сети или в блоге не нужно долго ждать. Скорость сбора и обмена информацией очень велика;
- активные пользователи социальных сетей находятся в психологически комфортном состоянии во время общения, что создает благоприятные обстоятельства для посева скрытой рекламы – рекомендаций от друзей [1].

Согласно данным, контент-маркетинг за последние годы успел стать самым многообещающим инструментом интернет-продвижения. Бюджет на это направление планируют увеличить 47 % компаний. Традиционно в числе лидеров контекстная реклама (44 %) и маркетинг в социальных сетях (42 %).

Социальные сети весьма популярны в Беларуси, поскольку белорусский сегмент интернета также оказался под влиянием тенденции их развития. Всего же в рейтинге 10 самых посещаемых интернет-порталов по месячному охвату у белорусской аудитории присутствуют пять социальных сетей (ВКонтакте, Facebook, Instagram, Tut.by и Youtube). Примечательно, что Instagram предоставляет очень высокую активность и охват аудитории и в последние годы набирает все большую популярность среди пользователей, таким образом, данная интернет-платформа является привлекательной для компаний [3].

Актуальность использования SMM-маркетинга в продвижении продукции пищевой промышленности связана с ростом популярности социальных сетей как площадки для рекламы. SMM становится неотъемлемой частью программы продвижения предприятия, которое хочет занять достойное место на рынке. На сегодняшний момент присутствие в интернет-среде является обязательным для любого предпри-

ятия, а грамотная разработка программы внедрения методов SMM позволит компании оптимизировать рекламную и PR-деятельность и охватить основные целевые аудитории.

Что же касается белорусских предприятий пищевой промышленности, то их продукция вследствие своего назначения обычно направлена на сегменты рядовых потребителей, которые и составляют основную аудиторию социальных сетей. Следовательно, такие предприятия могут легко продвигать продукцию и бренды среди потенциальных покупателей, не тратя много ресурсов на поиск подходящих площадок и построение стратегии. Этот аспект выгодно отличает такие предприятия от производителей специализированных товаров, которым необходимо четко выделять свои целевые аудитории и разрабатывать сложные стратегии продвижения.

Чаще всего предприятия пищевой промышленности задействуют в маркетинговой деятельности интернет-ресурсы в том случае, когда их продукция распространяется на большой территории и вынуждена выдерживать серьезную конкуренцию. Например, в Беларуси продвижением товаров в социальных сетях занимаются такие производители, как «Красный Мозырянин», «Савушкин продукт» и «Спартак», т. е. компании, обладающие сильными брендами и реализующие продукцию на территории всей страны, но при этом вынужденные функционировать в условиях серьезной конкуренции.

В качестве конкретного примера можно использовать опыт кондитерской фабрики ОАО «Красный Мозырянин», которая с 2014 г. осуществляет маркетинговую деятельность на базе различных интернет-ресурсов. В качестве платформ для продвижения ОАО «Красный Мозырянин» использует официальный веб-сайт <https://www.korovka.by>, представительства в страницы на площадках all.biz и deal.by, а также сообщества в социальных сетях Instagram и ВКонтакте. При этом для активного продвижения товаров и брендов используются два последних сообщества, в то время как остальные представительства носят, скорее, информационный характер и не предназначены для систематического посещения со стороны покупателей. Деятельность фабрики в социальных сетях базируется на двух основных принципах. Во-первых, важной особенностью SMM-маркетинга ОАО «Красный Мозырянин» является его нацеленность на долгосрочные задачи. Организация не ставит своей целью улучшение финансового состояния в краткосрочной перспективе. В первую очередь, она преследует такие цели, как повышение репутации и формирование новых лояльных покупателей. К примеру, ее контент-план не содержит упоминаний конкретных видов продукции и не имеет явной рекламной направленности. Во-вторых, предприятие делает упор на качество контента. Так, многие записи в сообществе имеют уникальные иллюстрации, четко выстроенную структуру и продуманный текст обращения.

Также предприятие осуществляет своевременный мониторинг в социальных сетях. Главные задачи, которые решает мониторинг, это:

- своевременное обнаружение негатива;
- анализ деятельности конкурентов в интернете;
- оценка эффективности продвижения;
- обратная связь с потребителями;
- поиск тематических дискуссий.

Данные мониторинга, статистики сообществ и блогов, данные веб-аналитики позволяют оценить эффективность продвижения ОАО «Красный Мозырянин». Но количество критериев (как количественных, так и качественных, по которым можно судить об эффективности компании) достаточно много и выбирать нужно именно те, которые отвечают поставленным задачам.

Критериями оценки могут быть:

- охват аудитории;
- количество подписчиков;
- количество посетителей страницы (или группы);
- количество действий в сети (комментарии, «лайки»);
- резонанс и/или информационный фон бренда;
- количество и качество трафика на внешний сайт;
- количество целевых действий, совершенных пользователями (переход на страницу «контакты», регистрация на сайте, онлайн звонок или консультация, подписка на рассылку);
- количество продаж.

Основная концепция SMM-маркетинга ОАО «Красный Мозырянин» – использование своего сообщества в качестве «развлекательного или информационного портала», который не навязывает посетителям продукцию фабрики, но формирует позитивное восприятие ее брендов за счет интересного контента. В частности, новостная лента сообщества преимущественно содержит в себе такие виды сообщений, как опросы, юмористичные иллюстрации, уникальные рецепты от работников фабрики, экспрессивные тексты, цитаты известных личностей и т. д. Стратегия продвижения подразумевает лишь скрытую рекламу, например, упоминание шоколадной продукции предприятия в рецептах или ее присутствие в качестве дополнительного элемента на иллюстрации.

Литература

1. Гуров, Ф. Н. Продвижение бизнеса в Интернет: все о PR и рекламе в сети / Ф. Н. Гуров. – М. : Вершина, 2008. – 136 с.
2. Обухов, О. В. Разработка методов использования Интернет-маркетинга на промышленных предприятиях / О. В. Обухов. – Екатеринбург : УрО РАН, 2002. – 20 с.
3. Беларусь в цифрах : стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск, 2017. – 75 с.

ПРОДВИЖЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛИ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ

О. В. Яшкова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Л. Л. Соловьева

Всемирная паутина сильно изменила мировые порядки. Пространство значительно сжалось. Большие массивы информации мгновенно передвигаются в любую точку земного шара, изменяя положение в экономике, политике, личной жизни. Разумеется, Интернет серьезно повлиял и на торговлю. Данные о товарах и услугах можно передавать из своего дома, распространять их сразу множеству людей, передавать заинтересованным клиентам, нейтрализовать большое количество преград в виде границ, финансовых и налоговых порядков, разницы в законах и т. д. Интернет-торговля развивается очень активными темпами. Рекламой называют привлечение внимания к товару или услуге конкретного производителя, торговца, посредника и распространение за их счет и под их маркой предложений, призывов, советов, рекомендаций купить этот товар или услуги [1, с. 165].

Цель работы – изучение современных методов продвижения предприятий розничной торговли в среде интернет.

Продвижение в интернет-маркетинге имеет свою специфику. Все продвижение в интернет-маркетинге осуществляется через Интернет, который является базовой средой.

Современные технологии позволяют приобретать различные товары, не выходя из дома. Для таких услуг создают интернет-магазины.

На примере интернет-магазина товаров для творчества и рукоделия *Businki-lentochki.by* представим варианты продвижения розничной торговли. Владелец интернет-магазина является индивидуальный предприниматель. Ниша интернет-магазина – это товары для творчества и рукоделия.

Для продвижения данного интернет-магазина розничной торговли в сети Интернет используются различные методы.

Первым способом продвижения своих товаров было использование социальных сетей, а именно ok.ru (Одноклассники), vk.com (ВКонтакте), instagram.com (Инстаграм). Важный канал коммуникации с активной, лояльной аудиторией, способ повышения доверия к торговой марке и бренду в целом, метод расширения «обрабатываемой» аудитории.

В ok.ru был создан профиль с названием *Businki-lentochki*, а также группа с одноименным названием. Для продвижения наименования и соответственно товаров необходимо добавление друзей в профиль, а также приглашение заинтересованных людей в группу. Для поддержания заинтересованности людей в группе необходимо выкладывание постов по тематике творчества и рукоделия.

В vk.com наилучшим вариантом продвижения товаров была выбрана группа. Для продвижения группы в социальной среде необходимо было проведение конкурсов. Конкурс предполагает приз, который получает случайный участник, выполнивший несколько условий. Пример условий на рис. 1. По окончании конкурса выбирается победитель посредством рандома чисел в сети интернет. Победитель получает приз, в свою очередь продавец получает практически «бесплатную» рекламу своего товара посредством продвижения группы. Так как участникам конкурса обязательно необходимо «поделиться записью», то о группе узнают все друзья участника. Это позволило продвинуть группу за два конкурса до 2000 человек. Также в группе необходимо постоянное выкладывание постов с мастер-классами по тематике творчества и рукоделия. Продвижение в данной социальной среде также подразумевает приглашение людей, заинтересованных в товарах, в группу. Чем больше количество людей в группе, тем больше потенциальных покупателей имеют предлагаемые товары.

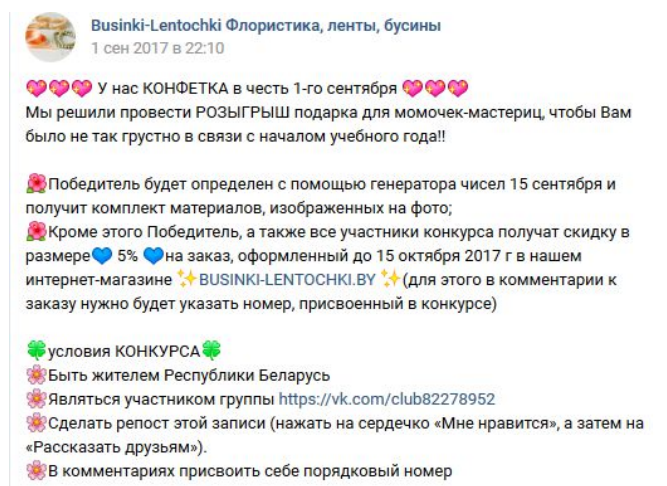


Рис. 1. Правила проведения конкурсов [3]

В [instagram.com](https://www.instagram.com/businki_lentochki.by) был создан профиль **businki_lentochki.by**. Инстаграм подразумевает выкладывание публикаций, т. е. фото с товарами, подписи хэш-тегов, по которым люди смогут найти фото и купить товар. Для продвижения товара необходимо подписываться на других людей, которые могут стать потенциальными клиентами, но также нужно, чтобы люди подписывались на профиль продавца. Людям интересны красивые фото, так как Инстаграмм является средой для публикаций только фото.

Вторым видом продвижения розничной торговли в сети Интернет, а именно товаров для творчества был создан интернет-магазин *Businki-lentochki.by* (рис. 2). Интернет-магазин дал возможность клиентам более удобную возможность приобретения товаров, полную картину актуального наличия товаров.

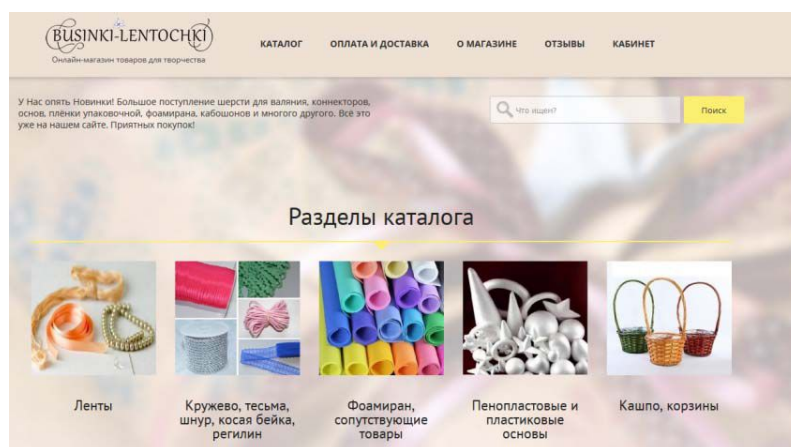


Рис. 2. Интернет-магазин товаров розничной торговли Businki-lentochki.by [2]

После создания интернет-магазина социальные сети уже стали не местом продажи товаров, а именно средством продвижения интернет-магазина, так как продажа товаров осуществляется только через интернет-магазин.

Для продвижения интернет-магазина также используются публикации на рекламных и торговых сайтах, а именно tam.by, tolkai.by, kufar.by, onliner.by, moyareklama.by и др.

Большую роль в продвижении данного интернет-магазина также играет размещение на таком сайте как evna.by, так как это сайт, на котором свои изделия могут продавать ремесленники, а они являются потенциальными покупателями товаров интернет-магазина **Businki-lentochki.by**. Но на данном сайте рекламируются также конкуренты. Конкуренентов в данной товарной нише достаточно много.

Следующим способом продвижения товаров в сети интернет посредством интернет-магазина является тематическая рассылка по e-mail с использованием cPanel. После поступления новых материалов для привлечения покупателей на сайт используется рассылка, в результате которой интернет-магазин получает переходы на сайт через рассылку, что повышает посещаемость на сайте и тем самым продвигает сайт в поиске Yandex, Google.

Последним вариантом продвижения интернет-магазина в сети Интернет, который был использован, является интеграция интернет-магазина *Businki-lentochki.by* в рекламную сеть Яндекс (РСЯ). С помощью РСЯ интернет-магазин получает дополнительно до 100 посещений в день, что положительно сказывается на продвиже-

нии магазина в Топ. Но если вышеописанные методы продвижения практически бесплатные, то данный способ продвижения требует вложений, а именно установлена плата за «клик», которую платит интернет-магазин за переход посетителя на сайт посредством рекламы в РСЯ.

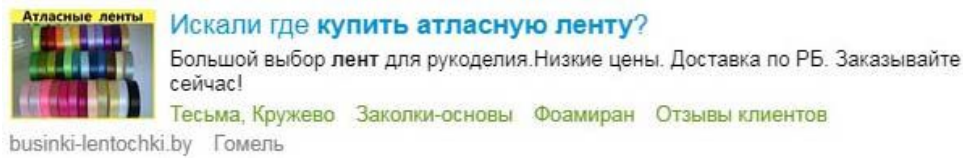


Рис. 3. Пример продвижения интернет-магазина в рекламную сеть Яндекс [4]

Таким образом, на современном этапе развития общества продвижение товаров и услуг в сети Интернет является одним из наиболее перспективных направлений. Увеличение пользователей сети Интернет приводит к постоянному развитию и совершенствованию стратегий и средств интернет-маркетинга, основной целью которого является продвижение товара или услуги.

Л и т е р а т у р а

1. Вирин, Ф. Ю. Интернет-маркетинг. Полный сборник практических инструментов / Ф. Ю. Вирин. – М. : Эксмо, 2010. – 425 с.
2. Интернет-магазин Businki-lentochki / 2018. – Режим доступа: <http://businki-lentochki.by>. – Дата доступа: 18.03.2018.
3. Социальная сеть Вконтакте / 2018. – Режим доступа: <https://vk.com/club82278952>. – Дата доступа: 17.03.2018.
4. Яндекс Директ / 2018. – Режим доступа: <https://direct.yandex.ru/registered/main.pl?authredirle vel=1521436576.0>. – Дата доступа: 16.03.2018.

СЕКЦИЯ VIII ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ТКАНЕЙ ПАРАЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ НА ОСНОВЕ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Д. А. Давидовский

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Н. Н. Масалитина

Информационные технологии в настоящее время используются повсеместно. Большое количество стран уже давно активно используют новые технологии в сфере здравоохранения. Проведение консультаций пациентов и персонала дистанционно, обмен информацией о пациентах между различными учреждениями, фиксирование физиологических параметров, контроль за проведением операций в реальном времени – внедрение ИТ позволяет осуществлять все эти возможности. Это выводит здравоохранение на новый уровень развития, положительно сказываясь на всех аспектах его деятельности.

Главной задачей является классификация изображений с пораженными клетками парашитовидной железы и со здоровыми. С такой задачей хорошо справляется искусственная нейронная сеть. Но для того чтобы она решила эту задачу, ей необходимо на вход передать некоторые дескрипторы, по которым она будет принимать решение и классифицировать изображение. Контуры клеток парашитовидной железы являются характеристическим признаком для изображений.

Один из наиболее известных способов кодирования контура – это цепной код Фримена. Цепные коды применяются для представления границы в виде последовательности отрезков прямых линий определенной длины и направления. В основе этого представления лежит четырех- или восьмисвязная решетка. Длина каждого отрезка определяется разрешением решетки, а направления задаются выбранным кодом (рис. 1).

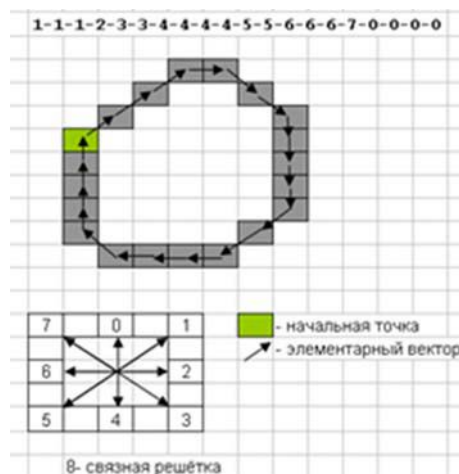


Рис. 1. Алгоритм «Цепной код Фримена»

На контуре фиксируется точка, которая называется начальной точкой. Затем контур обходится, и каждый вектор смещения записывается комплексным числом $a + ib$, где a – смещение точки по оси X , а b – смещение по оси Y . Смещение берется относительно предыдущей точки. При таком подходе контур определяется как совокупность элементарных векторов, представленных своими двумерными координатами.

Перед применением алгоритма контурного анализа изображения необходимо провести предварительную обработку: придать четкость границам, подавить шумы на изображении, преобразовать его в бинарный вид.

На рис. 2 показано изображение в оригинальном виде и после предварительной обработки.

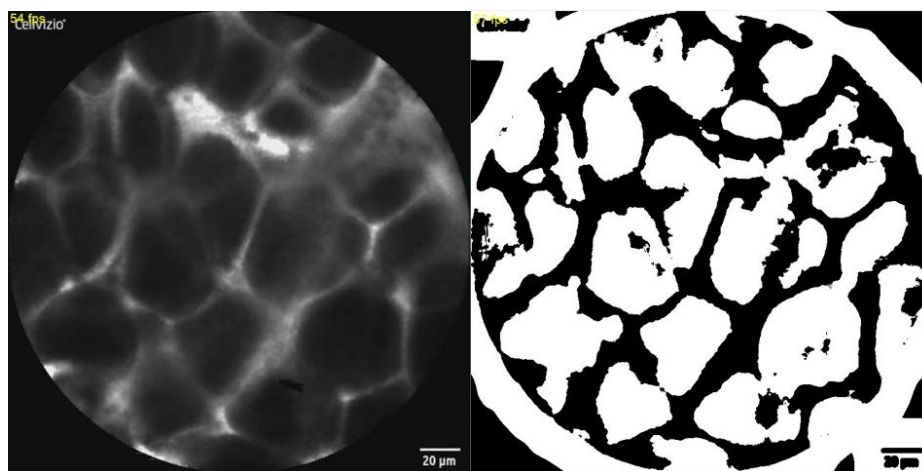


Рис. 2. Обработанное изображение

После выполнения алгоритма поиска контуров с помощью цепного ключа Фримена получается следующий результат (рис. 3).



Рис. 3. Результат выделения контуров

Полученный результат составляет основу для формирования выборки для обучения искусственной нейронной сети, которая будет классифицировать изображения с пораженными клетками и здоровыми.

Для решения поставленной задачи была взята предобученная сеть *Inception v3*. Архитектура сети *Inception v3* (рис. 4) способна решать похожие задачи классификации. *Inception v3* отработала с лучшими результатами точности классификации на соревновании *ImageNet 2015* и хорошо подходит для распознавания объектов. Отличительной особенностью данной архитектуры являются изменения размера ядра свертки с 5×5 на 3×3 и перестроение комбинации сверточных слоев. Для настройки работы сети под поставленную задачу ее необходимо дополнить слоем, который содержит 4 нейрона, соответствующих 4-м классам классификации.

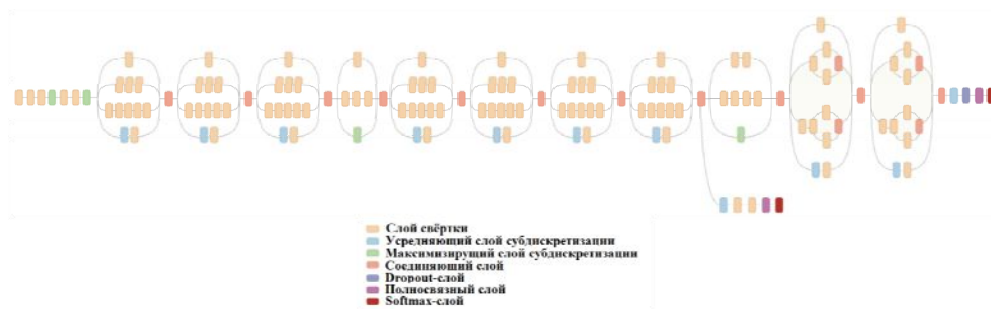


Рис. 4. Архитектура сети Inception v3

После обучения сети методом оптимизации стохастического градиентного спуска за 10 эпох на тестовой выборке она показала точность 59,52 %. Процесс обучения сети и результат показаны на рис. 5.

```
Epoch 1/10
57/57 [=====] - 281s 5s/step - loss: nan - acc: 0.5731 - val_loss: nan - val_acc: 0.5952
Epoch 2/10
57/57 [=====] - 258s 5s/step - loss: nan - acc: 0.5964 - val_loss: nan - val_acc: 0.5443
Epoch 3/10
57/57 [=====] - 257s 5s/step - loss: nan - acc: 0.5690 - val_loss: nan - val_acc: 0.6076
Epoch 4/10
57/57 [=====] - 265s 5s/step - loss: nan - acc: 0.5789 - val_loss: nan - val_acc: 0.5696
Epoch 5/10
57/57 [=====] - 285s 5s/step - loss: nan - acc: 0.5773 - val_loss: nan - val_acc: 0.5823
Epoch 6/10
57/57 [=====] - 267s 5s/step - loss: nan - acc: 0.5831 - val_loss: nan - val_acc: 0.6203
Epoch 7/10
57/57 [=====] - 250s 4s/step - loss: nan - acc: 0.5848 - val_loss: nan - val_acc: 0.5823
Epoch 8/10
57/57 [=====] - 250s 4s/step - loss: nan - acc: 0.5739 - val_loss: nan - val_acc: 0.6076
Epoch 9/10
57/57 [=====] - 254s 4s/step - loss: nan - acc: 0.5840 - val_loss: nan - val_acc: 0.5443
Epoch 10/10
57/57 [=====] - 248s 4s/step - loss: nan - acc: 0.6006 - val_loss: nan - val_acc: 0.5443

<tensorflow.python.keras._impl.keras.callbacks.History at 0xa7f457e160>

scores = modelSGD.evaluate_generator(test_generator, nb_test_samples // batch_size)
print("Аккуратность на тестовых данных: %.2f%%" % (scores[1]*100))

Аккуратность на тестовых данных: 59.52%
```

Рис. 5. Результаты обучения сети Inception v3

Обучаем эту же сеть методом оптимизации на основе градиента стохастических целевых функций первого порядка, основанным на адаптивных оценках моментов младшего порядка. Сеть показала лучшие результаты классификации за меньшее количество эпох (рис. 6).


```
Epoch 1/3
57/57 [=====] - 287s 5s/step - loss: 1.1888 - acc: 0.5480 - val_loss: 1.2410 - val_acc: 0.5833
Epoch 2/3
57/57 [=====] - 264s 5s/step - loss: 0.8613 - acc: 0.6992 - val_loss: 1.3709 - val_acc: 0.5570
Epoch 3/3
57/57 [=====] - 258s 5s/step - loss: 0.8835 - acc: 0.6716 - val_loss: 1.4202 - val_acc: 0.5696
<tensorflow.python.keras._impl.keras.callbacks.History at 0x993acee6d8>

scores = model.evaluate_generator(test_generator, nb_test_samples // batch_size)
print("Аккуратность на тестовых данных: %.2f%%" % (scores[1]*100))
Аккуратность на тестовых данных: 60.71%
```

Рис. 6. Результаты обучения сети Inception v3 за 3 эпохи

Обученные сети показали довольно хорошие показатели на небольшой тренировочной выборке.

Литература

1. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс // Техносфера. – М., 2005.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕБ-САЙТОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ НА РЫНКЕ ТОВАРОВ И УСЛУГ

Н. К. Алесина

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники», г. Минск*

Научный руководитель В. А. Журавлев

Корпоративный сайт – это веб-ресурс, представляющий в Сети интересы и результаты деятельности любой бизнес-структуры (компании, агентства, предприятия, банка, холдинга) [1, с. 35].

По-прежнему предприятия, стремясь сохранить существующих и привлечь новых перспективных заказчиков в сфере продвижения, продолжают использовать традиционные, но не всегда эффективные элементы комплекса маркетинговых коммуникаций, безосновательно игнорируя возможности, предоставляемые интернет-технологиями.

К числу инструментов электронного маркетинга, доказавших к настоящему времени свою эффективность, относится и официальный веб-сайт предприятия. С развитием технологий гипертекстовой разметки в Интернете стало появляться все больше сайтов, тематика которых стала совершенно различной – от сайтов крупных компаний, повествующих об успехах компании и ее провалах, до сайтов маленьких фирм, предлагающих посетить их офисы в пределах одного города. Руководство организаций вкладывает все больше средств в развитие веб-сайта как одного из эффективных инструментов получения заказчиком информации о предприятии и его товарах (услугах), а также автоматизации бизнес-процессов предприятия. На данном этапе предприятию, не имеющему или не развивающему корпоративный веб-сайт, присуща неважная репутация среди клиентов; перспективные заказчики предпочитают переходить к организациям-конкурентам, имеющим качественный и функциональный веб-сайт.

Руководство все большего числа организаций соглашается с мыслью, что создание веб-сайта предоставляет ряд существенных преимуществ, среди которых, прежде всего:

- возможность сокращения расходов на традиционные виды рекламоносителей;
- увеличение возможностей демонстрации товаров и услуг;
- возможность создания и поддержания бесплатной и высокоинформативной обратной связи;
- возможность уточнения интересов потенциальных и постоянных клиентов;
- создание условий для увеличения доходов компании за счет интернет-продаж;
- создание и поддержание платформы для обучения и тестирования сотрудников;
- обеспечение обмена конфиденциальной информацией между удаленными офисами [2].

В среде веб-разработчиков словосочетание «корпоративный сайт» воспринимается как сложившееся и устойчивое понятие. Однако существует большая разница между корпоративным сайтом известного крупного предприятия и сайтом малой организации. Тем не менее, множество принципов их проектирования, поддержки и развития являются сходными.

За несколько лет бизнес-сообщество прошло путь от использования электронной почты и статичных «доморощенных» сайтов до интегрированных веб-систем. Пропорционально с этим возросла ценность, генерируемая подобными решениями, стоимость их создания и поддержки.

Существует ошибочное мнение, что корпоративный сайт – это то же самое, что рекламный буклет фирмы, только выложенный в сеть. Но это не совсем так. Сайт является намного более сложным, но и более эффективным и функциональным средством рекламной коммуникации, но при условии, что он качественно создан и профессионально поддерживается.

Уже одно наличие корпоративного сайта характеризует компанию как современную, понимающую тенденции мировой экономики и идущую в ногу со временем. Но мало просто иметь сайт, нужно сделать так, чтобы он создавал и поддерживал наиболее верный образ товара или услуги. Любой аспект сайта – дизайн, функциональность, текст – все имеет большое значение для формирования положительного образа марки.

Дизайн сайта – это наиболее сложный для формализации аспект, так как невозможно сформулировать конкретные правила по созданию такого дизайна, который будет совершенно точно создавать положительный образ марки. Необходимость соблюдения фирменного стиля компании не вызывает сомнений, но немаловажное значение имеет также то, насколько оригинально и удачно реализовано творческое решение. Как и при создании любого другого рекламного продукта, удачное творческое решение дизайна сайта имеет три характеристики:

- 1) оно согласуется с общей рекламной стратегией;
- 2) оно вызывает удивление и запоминается;
- 3) оно эмоционально насыщено. Базируется на знании того, что хочет потребитель, и что может предложить реальная марка [3].

Контроль этих характеристик позволит повысить шансы на разработку такого дизайна сайта, который будет содействовать формированию положительного отношения к торговой марке.

Веб-сайт предоставляет компании широкий ряд дополнительных возможностей в дополнение к доступным ранее коммуникационным службам. Главная их особенность состоит в том, что теперь компания может предоставлять пользователям дополнительный сервис: давать информацию, оказывать пред- и послепродажное обслуживание, продавать товары и услуги. При наличии собственного сайта возрастает

эффективность проводимых в Сети рекламных мероприятий, поскольку любая реклама может содержать ссылку на сайт компании, где пользователю станет доступно значительно большее количество информации, и он составит более полное мнение о фирме и ее предложении. Кроме того, информация о поведении посетителей на сайте может сразу же попадать в информационную систему компании и служить для более качественного их обслуживания.

Таким образом, веб-сайт является одним из главных элементов системы маркетинга в Интернете и требует наибольшего внимания со стороны маркетинговой службы предприятия.

С точки зрения маркетинга веб-сайт – это набор информационных блоков и инструментов для взаимодействия с одним или несколькими сегментами целевой аудитории. Какая информация будет представлена на нем, какие инструменты будут задействованы, как они будут взаимодействовать между собой – все это зависит от выбранной модели бизнеса, краткосрочных и долгосрочных задач, а также от типа сегментов целевой аудитории и возможности контактировать с ней тем, либо иным способом [4].

Главной целью маркетинговых коммуникаций является привлечение клиентов и содействие в переходе посетителя из категории «потенциальный» в категорию «реальный»; другими словами, в совершении действия, ведущего к получению прибыли. Постоянный рост числа пользователей сети Интернет в Республике Беларусь делает корпоративный веб-сайт важным инструментом для достижения данных целей, а также значительно расширяет возможности маркетинга в глобальной сети. Веб-сайт – это своего рода виртуальный офис, который, как и настоящий офис принимает посетителей, в данном случае – пользователей сети Интернет. И от того, насколько профессионально он будет сделан, как будет организовано общение с пользователем – потенциальным клиентом, зависит успех маркетинга в сети Интернет.

Веб-сайт предприятия является одним из эффективных инструментов привлечения перспективных заказчиков предприятием, а также продвижения продукции (услуг) в целом. Повышение функциональности веб-сайта предприятия и устранение недостатков имеющейся функциональности позволят предприятию увеличить выручку от реализации, усилить конкурентную позицию, а также повысить имидж предприятия среди клиентов.

Л и т е р а т у р а

- 1 Сухов, С. Корпоративный веб-сайт на 100 %. Требуйте от сайта большего! : руководство / С. Сухов, Р. Овчинников. – СПб. : Питер, 2009. – 65 с.
2. Создание сайта. Назначение, цели, задачи создания сайта. – Режим доступа: <http://www.it-kvartal.ru/48.htm>.
3. Найдите хорошего партнера, работающего в сфере веб-разработок. – Режим доступа: <http://www.xugo.ru/marketing/154-najdite-xoroshego-partnera-rabotayushhego-vsfer.html>.
4. При выборе разработчика важно. – Режим доступа: <http://www.xugo.ru/marketing/155-pri-vybore-razrabotchika-vazhno.html>.

ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА 3D MAX ДЛЯ СОЗДАНИЯ МНОГОМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ МЕДИЦИНСКОГО И БИОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Н. О. Анкуда

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Научный руководитель Н. А. Кондратьева

Быстрое развитие технологий в последнее время привело к стремительному росту в области техники. Сегодня благодаря массовому распространению программ создания компьютерной графики, в том числе трехмерного моделирования, спецэффектами в кино никого уже не удивишь. В медицине применение трехмерных технологий развивается сразу в нескольких направлениях:

1. Сканирование органов.
2. Выпуск 3D-моделей отсканированных органов.
3. Создание имплантов на основе трехмерных изображений пациента.
4. Создание искусственных костей, тканей, кровеносных сосудов, вен и даже органов пациента.

Перспективы 3D-технологий огромны. Их использование в медицине позволяет сократить вероятность ошибки до минимума. Так, например, имея макет органа, который предстоит оперировать, хирург может намного лучше подготовиться к операции.

Для получения одно- или двумерных медицинских изображений можно использовать:

- электромагнитное излучение;
- ультразвук.

Методами получения двумерных медицинских изображений являются:

- цифровая радиология;
- компьютерная томография;
- ядерный магнитный резонанс;
- 2D-ультразвук.

Методами и источниками трехмерных изображений являются:

- последовательность радиологических изображений или томографическое изображение динамического объекта;
- объемное томографическое изображение части статического объекта.

Один из основных методов получения трехмерных изображений – 3D-томография. 3D-сканирование постепенно вытесняет пленочные плоскостные снимки. Такие аппараты обладают высоким потенциалом, активно используются в стоматологических исследованиях, челюстно-лицевой хирургии. Преимущество трехмерных снимков – возможность выявить дефекты, часто упускаемые в обычных изображениях. Это позволяет определить комплексное состояние проблемных зон, установить более точное лечение. 3D-томография – это качественное изображение, минимум облучения, а также скорость исследования и достоверная диагностика без дополнительных исследований.

3D-моделирование в медицине позволяет создавать объемные модели. Трехмерные снимки пациентов, сделанные с помощью компьютерной томографии, трансформируются в изображение с хорошим разрешением, а затем – в трехмерные твердые 3D-модели. Существует несколько примеров использования печати в медицине. В настоящее время трехмерная печать наиболее широко используется в стоматологии, хирургии. С ее помощью можно изготовить цельный имплант. 3D-принтер в медицине позволяет создавать недорогие модели, которые служат для изучения

особенностей болезни. В настоящее время такой аппарат в медицине также широко используют для изготовления различных искусственных частей тела:

- зубы;
- протезы конечностей;
- слуховые аппараты и др.

Технология позволяет создавать с помощью принтера различные протезы, которые идеально будут подходить для отдельного пациента. Трехмерные модели производятся из пластика или металла. Данные материалы контактируют с теплом человека, но не контактируют с кровью.

В настоящее время с помощью 3D-принтеров создают небольшие фрагменты человеческих органов. Такой процесс называется биопечатью. Вместо красок на таком принтере используются различные типы клеток. Первые искусственные ткани, произведенные таким образом, использовались для тестирования лекарств. Применение 3D-технологий открывает множество преимуществ, одно из которых – совместимость импланта с конкретным пациентом, чего сложно было добиться в случае с применением моделей, произведенных на конвейере.

Сегодня 3D-технологии в медицине применяются для создания трехмерных снимков, на основе которых производятся точные копии переломов для обучения врачей, а также для изготовления точных моделей протезов. Одной из программ трехмерной графики, предназначенных для работы на компьютерах, является 3D Studio Max. За счет своих уникальных возможностей и доступности в освоении эта программа сегодня имеет наибольшее количество пользователей. Осталось мало сфер деятельности человека, связанных с трехмерной графикой, в которых не используется 3D Max. Эту программу используют для создания игр, фильмов, в архитектуре, строительстве, медицине, физике и в других областях.

Целью работы является создание объемных моделей при помощи пакета 3D Max, а также их преобразование и изменение геометрических и качественных характеристик.

Задача 1. Создание 3D-модели глазных яблок, которые будут двигаться относительно определенного объекта (рис. 1). Для начала берется обычная сфера из вкладки `object type` и размещается на виде перспективы. Чтобы глаз получился более естественным (гладкий, без резких переходов), количество полигонов увеличивается. Далее нужно сделать зрачок и радужку. Для этого сфера конвертируется нажатием правой кнопки мыши в `edit poly`. Переходим в редактирование ребер (`edge`), где выделяется двойным щелчком тот ряд, где будет находиться радужка. Выбирается команда `chamfer` и уменьшается радиус выделенной окружности. Также выделяется вторая окружность (зрачок) и доводится до нужного размера. Далее берется инструмент `movie`, с помощью которого малый радиус вдавливается внутрь. После выбирается на боковой панели редактирование вершин (`vertex`); касаемся оставшейся вершины и также вдавливаем ее внутрь до такого же уровня, как и предыдущую окружность. На боковой панели выбирается `polygon`. При нажатии `grow` автоматически выделяется весь нужный радиус. Если выделились лишние, то при удержании клавиши `alt` они убираются. В начале выделяется вся сфера для дальнейшей окраски объекта. Для этого открывается вкладка `State material editor`. Окрашиваем глаз в белый цвет, потом окрашиваем зрачок в черный цвет и радужку глаза в зеленый, выделяя полигоны по нужной окружности. Один глаз готов. Теперь нажатием правой кнопкой мыши выбираем `clone options` и `copy` (на клавиатуре `shift`). Объект копируется и теперь имеем два глаза. Выбирается любой объект из вкладки `Object Type`, на который будут смотреть глаза, размещаем его. Выделяются одновременно две наши

сферы, чтобы связать их с размещенной фигурой. На главной панели выделяем Animation, Constraints, Look At Constraint (смотреть на объект). Поправляем наши глаза, чтобы были повернуты в нужную сторону (ставим галочку Keep Initial Offset для каждого по отдельности). В итоге мы получаем модель, которая показана на рис. 1.

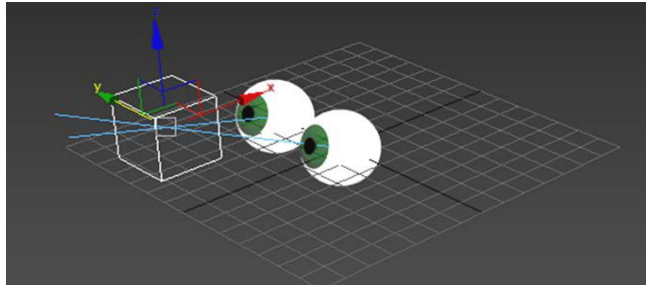


Рис. 1

Задача 2. Чтобы создать 3D-модель зуба, на вкладке Object Type выбирается цилиндр и размещается на виде перспективы. Далее переходим в режим Edit Poly (полигонное моделирование), который основан на манипуляциях с гранями, вершинами и ребрами объектов. Он позволит сформировать нужную форму, используя также инструменты: выделение и перемещение, выделение и вращение и масштабирование объектов. Переходим в редактирование вершин (vertex) и выделяем те точки, форма которых будет изменяться. После того, как модель приняла реалистичный вид, применяется модификатор TurboSmooth, который предназначен для сглаживания объектов. В результате получается модель, как показано на рис. 2.

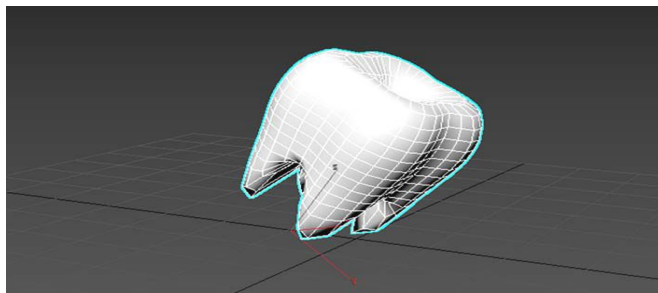


Рис. 2

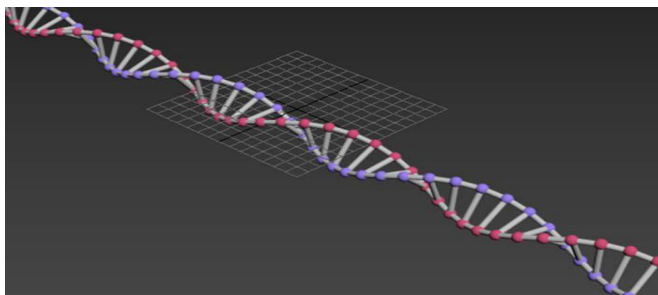


Рис. 3

Задача 3. Создание молекулы ДНК (рис. 3) начинается с размещения плоскости (plane), которая находится на вкладке Object Type. Для создания данной модели будут использоваться несколько модификаторов. Один из которых – модификатор Twist. Он обеспечивает скручивание объекта, применяется, когда необходимо создать объекты в виде спирали. Тут устанавливаем ось, по которой будет происходить кручение и угол. Вторым модификатором lattice помогает быстро создать из сетки объекта и его вертексов решетку. Выбирается режим Both, в котором отображаются точки и решетка вместе, также устанавливаются нужные нам параметры для прутьев (количество сегментов, сторон) и для точек объекта (форма, радиус, количество сегментов). Последний модификатор – это Edit Mesh (редактирование поверхности). Его используют для выделения сеток или их подобъектов с целью применения различных модификаторов. Выделяются нужные части модели и далее они окрашиваются (так же как и в задаче 1, т. е. заходим в state material editor).

Литература

- 1 Medical Insider / Сетевое изд. – 2013–2017. – Свидетельство о регистрации СМИ ЭЛ № ФС 77–71 883 от 13 дек. 2017 г. ; выд. М-вом Рос. Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И ОФИСНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

А. В. Антюшения

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Н. В. Самовендюк

На сегодняшний день для регулирования и поддержания температуры в производственных и офисных помещениях используют кондиционеры. Они способны понижать температуру воздуха в условиях жары, а в более продвинутых моделях – еще и повышать температуру при холодном помещении за счет использования теплового насоса. Как правило, настройка рабочего режима кондиционеров осуществляется пользователем. Смена режима (изменение значений температуры, влажности, скорости вращения вентилятора) производится в большинстве случаев с помощью пульта дистанционного управления (ПДУ), которые передают данные через ИК-связь.

Каждый раз, когда изменяются условия микроклимата в помещениях, приходится применять новые параметры к режиму работы кондиционера. Проблема большинства кондиционеров заключается в том, что настройку параметров необходимо осуществлять вручную. Это объясняется тем, что подавляющее большинство кондиционеров не поддерживает автоматическую работу по заданной программе (только немногие кондиционеры поддерживают работу по таймеру). Такие кондиционеры встречаются повсеместно во многих офисных помещениях, и их распространенность тоже усугубляет проблему.

Есть несколько вариантов решения проблемы. Первая из них – замена простых кондиционеров на их Smart-варианты. Такие устройства имеют какой-либо интерфейс для связи с ПК или мобильным устройством (обычно это Wi-Fi, например, GREE Smart Inverter), и при помощи специальной программы можно автоматизировать управление микроклиматом. А кондиционеры, поддерживающие интеграцию с системами «умного дома», уже имеют все возможности по их автоматической на-

стройке (это последние флагманские модели Samsung). Но установка кондиционера с такой функциональностью обычно приводит к большим затратам на его приобретение (при наличии уже установленной системы требуется также и демонтаж старой, что в подавляющем большинстве случаев является неприемлемым решением для организаций).

Для поддержания уже существующей инфраструктуры остается только один вариант: внешний программно-аппаратный комплекс управления кондиционером. Предлагаемый комплекс состоит из нескольких частей: набора термодатчиков для контроля температуры и влажности, набора ИК-передатчиков для управления кондиционерами и микросервера – главного устройства, собирающего данные с датчиков и на основе полученных данных определяющего необходимый режим работы. Все внешние устройства (датчики, передатчики) базируются на WiFi-микроконтроллере ESP8266 производства Espressif Systems. В качестве микросервера используется микрокомпьютер Raspberry Pi 3B (рис. 1).

Система работает следующим образом: текущие показания (температура, влажность) снимаются датчиками и передаются на контроллер, который передает данные через WiFi-сеть на микросервер. На микросервере происходит запись данных для дальнейшего просмотра в истории показаний, позже на их основе определяется требование к текущим настройкам кондиционера. Если требуется перенастройка, то с микросервера передаются данные на передатчик через WiFi, а передатчик с помощью ИК-светодиода непосредственно отдает команду на кондиционер.

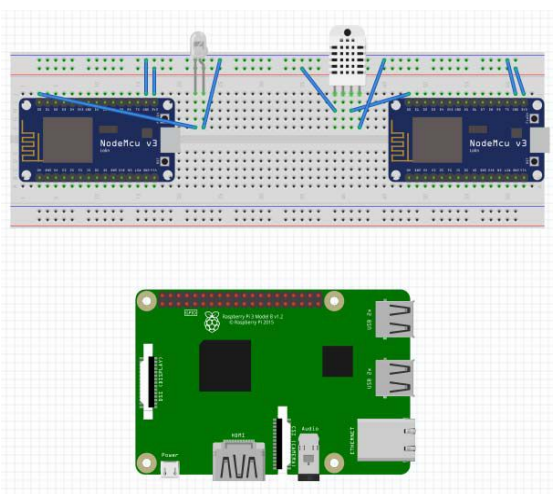


Рис. 1. Макет аппаратной части комплекса

Для работы комплекса и его настройки используется веб-приложение, которое доступно в локальной сети и позволяет пользователю производить следующие действия:

- просмотр текущих параметров;
- добавление/настройка/удаление устройств;
- просмотр истории показаний датчиков;
- общие настройки.

При просмотре текущих параметров пользователь может проконтролировать работу системы: на экране показываются доступные датчики и передатчики, текущие показания датчиков, режим работы и текущие настройки системы (рис. 2).

Отдельная страница позволяет редактировать список устройств в системе. Стоит отметить, что поддержка передатчиком кондиционера полностью зависит от его

прошивки, поэтому для расширения поддержки достаточно просто обновить прошивку устройства (рис. 3).

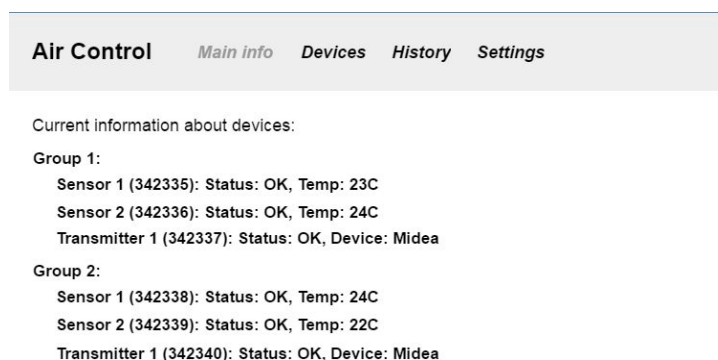


Рис. 2. Главная страница веб-приложения

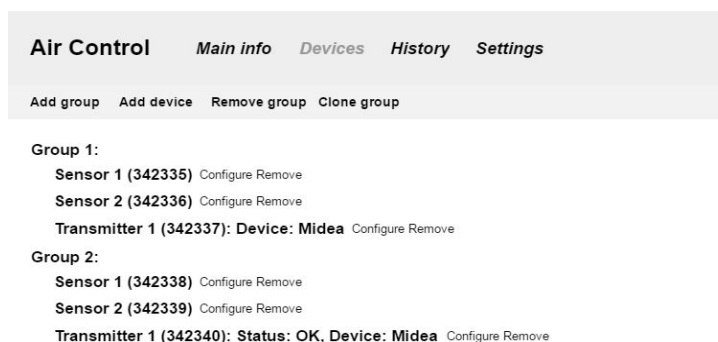


Рис. 3. Страница конфигурирования датчиков

Приложение позволяет вывести графики показаний за некоторый период времени, который выбирается пользователем на странице (рис. 4). Для дальнейшего использования показания могут быть экспортированы в виде графика либо таблицы в различных форматах: CSV, XLSX, PDF, PNG.



Рис. 4. Просмотр истории показаний

Наконец, доступна настройка основных параметров системы в отдельной странице «Settings». На этой странице есть возможность установки времени функционирования системы, настройки доступа к системе (смена логина/пароля), интервала опроса датчиков в секундах.

В заключение стоит отметить, что комплекс является гибким для построения систем при различных конфигурациях датчиков и кондиционеров, а также допускает модернизацию для качественного улучшения работы. Для разработки веб-части комплекса использовалась платформа ASP.NET Core 2.0, а само приложение было написано на C#. Для хранения данных использовалась БД SQLite. В качестве операционной системы для микросервера был использован дистрибутив Raspbian, базирующийся на Debian Linux.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ 3D-МОДЕЛИ «ВАЛ» НА AUTOLISP

Н. М. Белашов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель В. С. Мурашко

Твердотельное моделирование – более естественный способ выразить суть изделия. Работа в трехмерной среде помогает конструкторам сократить время, необходимое для преобразования пространственного образа в двумерные чертежи. Лучшее визуальное представление изделия помогает и на последующих стадиях жизненного цикла проекта. Например, из модели можно автоматически получить изображение всех компонентов в разобранном виде и использовать его в качестве иллюстрации в инструкции по сборке. Одним из главных преимуществ трехмерного моделирования является возможность быстрого формирования чертежей. В трехмерную модель удобно вносить изменения, а чертежи после этого не надо формировать заново – достаточно вызвать команду их обновления. Поскольку в трехмерных моделях содержится намного больше инженерной информации, чем в двумерных чертежах, другим важным преимуществом твердотельного моделирования является возможность использования результатов моделирования на последующих стадиях – например, в приложениях для инженерных расчетов или генерации программ для станков с ЧПУ. Возможные ошибки конструирования выявляются уже на ранних стадиях.

Объектом исследования являются следующие детали: многоступенчатый вал с двухсторонним расположением ступеней, многоступенчатый вал с двухсторонним расположением ступеней и сферическим торцом или сферической поверхностью.

Цель работы – разработка программы-параметризатора для построения 3D-модели многоступенчатого вала со следующими дополнительными элементами: шпоночным пазом закрытого типа, открытым левым шпоночным пазом, открытым правым шпоночным пазом, дополнительным отверстием, глухим отверстием, скруглением, фаской.

В настоящее время рынок САПР представлен целым рядом программных продуктов. Наиболее распространенные из них: КОМПАС, AutoCAD, T-flex, SolidWorks и другие программы работают в среде Windows, имеют открытый интерфейс. Однако необходимо отметить, что наиболее универсальным инструментом для решения задач проектирования и технологической подготовки производства сегодня можно признать пакет программ САПР AutoCAD. Это объясняется тем, что в посто-

янно развиваемой системе AutoCAD не возникает больших затруднений по использованию языка высокого уровня AutoLISP. Применение этого языка значительно ускоряет процесс разработки проектной документации. AutoLISP позволяет разрабатывать функции для решения самых разнообразных задач, а также создавать эффективные системы и подсистемы САПР, связанные с обработкой и анализом графической информации, получением готовой документации в виде чертежей.

Итак, для выполнения поставленной задачи выбран встроенный в САПР AutoCAD интерпретатор языка AutoLISP [1]. Используя язык AutoLISP, появляется возможность программирования 3D-модели детали «Вал» с параметризацией.

В работе [2] была решена первая часть поставленной задачи – построение параметрической 3D-модели многоступенчатого вала без реализации дополнительных элементов. В результате была разработана программа «VAL»

Для построения шпоночного паза, отверстия, фаски, скругления в программу «VAL» добавлены следующие функции:

- paz (R D H X Y Z) – функция рисования закрытого шпоночного паза;
- pazlev (R D H X1 Y Z) – функция рисования открытого шпоночного паза левого;
- pazprv (R D1 H X Y Z) – функция рисования открытого шпоночного паза правого;
- otv (R H X Y Z) – функция рисования дополнительного отверстия;
- otvgl (R H X Y Z) – функция рисования глухого отверстия;
- skruglenie (R) – функция рисования скругления;
- faska (B H) – функция рисования фаски.

После построения выбранного типа 3D-модели многоступенчатого вала пользователю в диалоговом режиме предлагается выбрать одно из пяти действий: [/Пазы/Отверстия/Скругление/Фаска/Выход].

Если выбрано «Пазы», то в диалоговом режиме уточняется, какой требуется шпоночный паз: [/Закрытый_шпоночный_паз/открытый_Левый_шпоночный_паз/открытый_Правый_шпоночный_паз/Выход]. Затем у пользователя запрашиваются следующие данные: ширина, длина, глубина шпоночного паза и координирующий размер от левого торца. До тех пор пока не будет выбрано действие «Выход», можно создать любой шпоночный паз.

Если выбрано «Отверстия», то в диалоговом режиме уточняется какое требуется отверстие [/Дополнительное_отверстие/Глухое_дополнительное_отверстие/Выход]. Затем у пользователя запрашиваются следующие данные: радиус отверстия, координирующий размер от левого торца, а для глухого отверстия – еще и глубину отверстия. До тех пор пока не будет выбрано действие «Выход», пользователю предоставляется выбор любого отверстия.

Если выбрано «Скругление», то в диалоговом режиме уточняется, какой радиус скругления: [/Радиус скругления]. Затем у пользователя запрашивается «выберите ребро».

Если выбрано «Фаска», то в диалоговом режиме уточняется, какой размер фаски: [Размер фаски по горизонтали/Размер фаски по вертикали]. Затем у пользователя запрашивается «выберите ребро».

На рис. 1 представлена параметрическая 3D-модель: многоступенчатый вал с двухсторонним расположением ступеней и шпоночными пазами, а на рис. 2 – со шпоночным пазом и отверстием, полученные с помощью программы «VAL».

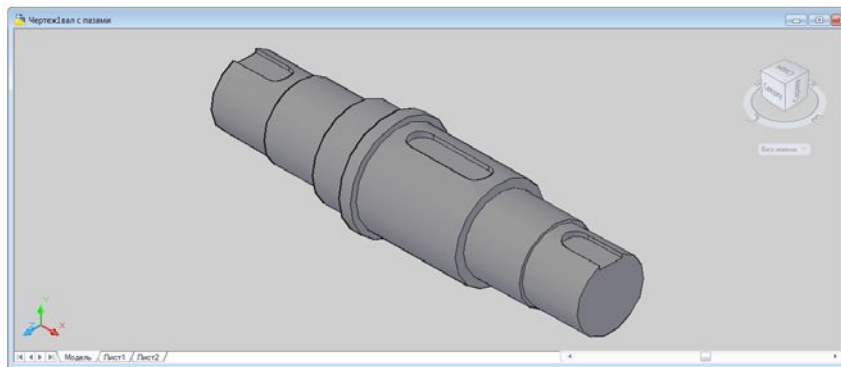


Рис. 1. Параметрическая 3D-модель: многоступенчатый вал с двухсторонним расположением ступеней и шпоночными пазами

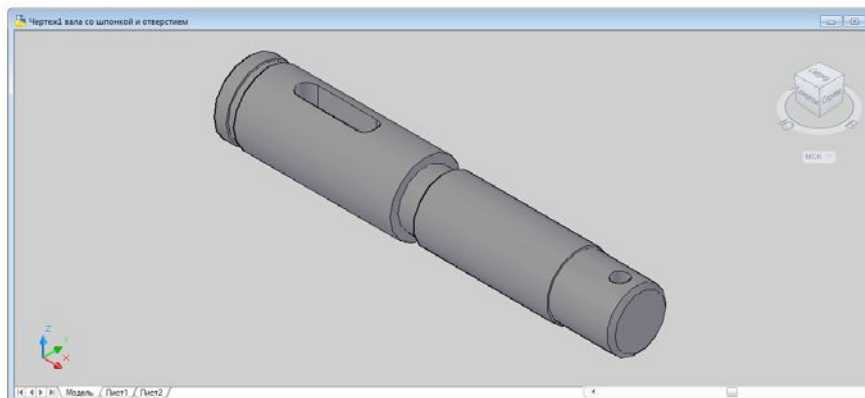


Рис. 2. Параметрическая 3D-модель: многоступенчатый вал с двухсторонним расположением ступеней и шпоночным пазом и отверстием

Одним из основных направлений в развитии автоматизированного проектирования изделий машиностроения в настоящее время является широкое использование параметрического моделирования, сущность которого состоит в создании математической модели класса конструктивно однородных изделий, а затем в генерации изображений этих изделий по набору задаваемых размерных параметров.

Разработанная программа «VAL» является программой-параметризатором. Пользователь запускает программу, выбирает тип 3D-модели детали «Вал», вводит требуемые размеры. Программа отрисовывает на экране 3D-модель детали. Пользователь оценивает ее и при необходимости вводит размеры снова до достижения требуемого результата.

Для более подробного представления параметрической 3D-модели детали типа «Вал» в дальнейшем планируется разработка новых вспомогательных элементов, что позволит более полно передать геометрическую форму детали.

Литература

1. Мурашко, В. С. Использование языка AutoLISP для автоматизированного проектирования : лаборат. практикум по курсу «Основы автоматизированного проектирования» для студентов специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения» и 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» днев. и заоч. форм обучения. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2007. – 35 с.

2. Белашов, Н. М. Параметрическая 3D-модель деталей типа «вал» / Н. М. Белашов // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XVII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 27–28 апр. 2017 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2017. – С. 510–513.

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В ТРАНСПОРТНОМ УЗЛЕ С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Н. В. Володарец

*Украинский государственный университет железнодорожного транспорта,
г. Харьков, Украина*

Процессы, протекающие в транспортных системах, сложны и в большинстве случаев трудно описываемы аналитическими методами. В связи с этим возникает необходимость в создании имитационных моделей. Преимущество применения имитационной модели состоит в том, что она позволяет учесть множество параметров самой системы, а также внешних воздействий, причем, в отличие от математических моделей, позволяет проводить многократное исследование процессов в системе с переменными параметрами [1]. Адекватность модели устанавливается путем сравнения полученных решений с их аналогами в реальной системе.

Целью работы является разработка и создание имитационной модели оптимизации дорожного движения в транспортном узле с учетом условий эксплуатации.

Для имитационного моделирования дорожного движения в исследуемом транспортном узле использовался программный продукт AnyLogic 8.2.2 [2]. Он позволяет использовать все существующие методы моделирования [3], [4]. На рис. 1 приведена процедура построения имитационной модели оптимизации дорожного движения в транспортном узле.



Рис. 1. Процедура построения имитационной модели оптимизации дорожного движения в транспортном узле

На основе приведенной выше процедуры для исследуемого транспортного узла был разработан алгоритм разработки имитационной модели оптимизации дорожного движения и сама модель, диаграмма процессов которой приведена на рис. 2.

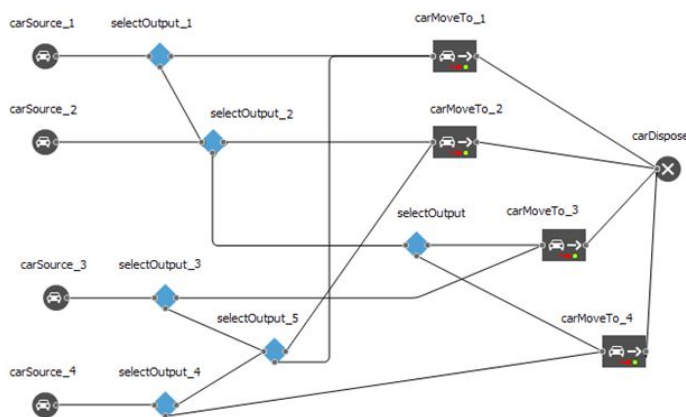


Рис. 2. Диаграмма процесса имитационной модели для приведенных интенсивностей движения

Параметры разработанной имитационной модели (основные и численные) отображены в таблице.

Параметры имитационной модели оптимизации дорожного движения в транспортном узле

Параметр	Значение
<i>Основные параметры</i>	
Единицы модельного времени	секунды
<i>Численные методы</i>	
Метод решения дифференциальных уравнений	Эйлер
Метод решения алгебраических уравнений	Измененный Ньютон
Метод решения смешанных уравнений	RK45 + Newton
Абсолютная точность	10^{-5}
Временная точность	10^{-5}
Относительная точность	10^{-5}
Фиксированный шаг по времени	0,001

Оптимизация модели AnyLogic заключается в последовательном выполнении нескольких прогонов модели с различными значениями параметров и нахождении оптимальных для данной задачи значений параметров. В AnyLogic встроен оптимизатор OptQuest, который, комбинируя эвристики, нейронные сети и математическую оптимизацию, позволяет находить значения параметров модели, соответствующие максимуму или минимуму целевой функции, как в условиях неопределенности, так и при наличии ограничений.

Был создан интерфейс окна оптимизации имитационной модели (рис. 3), в котором отображается в виде таблицы для текущего и лучшего значения итерации ее номер, функционал и параметры p_1 и p_2 .

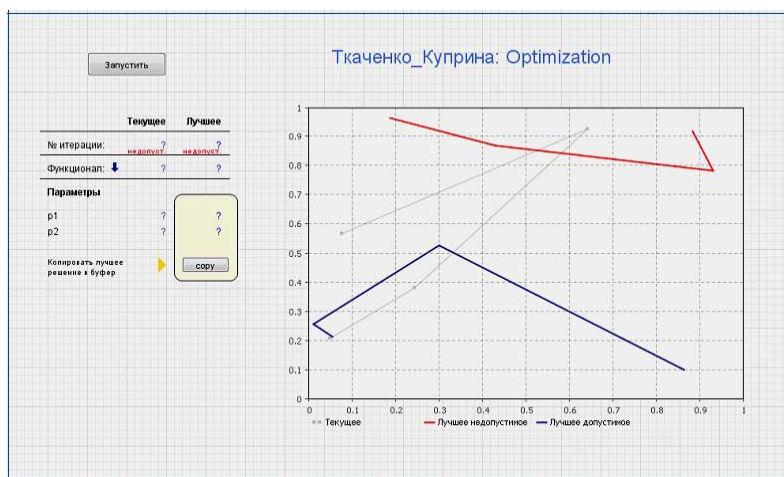


Рис. 3. Интерфейс окна оптимизации имитационной модели дорожного движения в транспортном узле

В процессе оптимизационного эксперимента осуществлялось варьирование параметров p_1 и p_2 в пределах от 20 до 40 с. По окончании эксперимента были выбраны фазы p_1 и p_2 . Анализ результатов моделирования показал, что заторы в исследуемом транспортном узле были уменьшены на 16 %.

Л и т е р а т у р а

1. Куприяшкин, А. Г. Основы моделирования систем : учеб. пособие / А. Г. Куприяшкин, Норил. индустр. ин-т. – Норильск : НИИ, 2015. – 135 с.
2. AnyLogic // Официальный сайт компании AnyLogic. – Режим доступа: <http://www.anylogic.ru>. – Дата доступа: 23.03.2018.
3. Григорьев, И. AnyLogic за три дня : практ. пособие по имитационному моделированию / И. Григорьев. – СПб., 2017. – 273 с.
4. О системе справочной документации AnyLogic // Сайт компании AnyLogic. – Режим доступа: <https://help.anylogic.ru/index.jsp>. – Дата доступа: 23.03.2018.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

А. Д. Мельникова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель В. С. Мурашко

Традиционные методы исследований связаны с экспериментами, которые требуют больших затрат, сил и средств, так как являются «пассивными» – основаны на поочередном варьировании отдельных независимых переменных в условиях, когда остальные стремятся сохранить неизменными.

Эксперименты, как правило, являются многофакторными и связаны с оптимизацией качества сырья и материалов, отысканием оптимальных условий проведения технологических процессов, разработкой наиболее рациональных конструкций оборудования и т. д. Системы, которые служат объектом таких исследований, очень часто являются такими сложными, что не поддаются теоретическому изучению в разумные сроки. Поэтому, несмотря на значительный объем выполненных научно-

исследовательских работ, из-за отсутствия реальной возможности достаточно полно изучить значительное число объектов исследования не представляется возможным, а как следствие, многие решения принимаются на основании информации, имеющей случайный характер.

Целью данной работы является разработка программного средства для построения математической модели элементов технологических процессов.

В работе [1] была предложена методика получения многофакторной математической модели, характеризующей зависимость температуры резания от основных факторов процесса обработки в Microsoft Excel.

В качестве плана эксперимента предлагалось использовать центральный композиционный ротатбельный план второго порядка [1], представленный на рис. 1.

№	V	S	B	T	P	F	K	L	результат
1	0,115	0,11	0,38	0,00171212	0	0,00171212	0	0	1,8879
2	0,454	0,11	0,38	0,00171212	0	0,00171212	0	0	2,0777
3	0,115	0,38	0,38	0,00171212	0	0,00171212	0	0	1,8488
4	0,454	0,38	0,38	0,00171212	0	0,00171212	0	0	1,8488
5	0,115	0,11	1,04	0,00171212	0	0,00171212	0	0	2,2037
6	0,454	0,11	1,04	0,00171212	0	0,00171212	0	0	1,7707
7	0,115	0,38	1,04	0,00171212	0	0,00171212	0	0	2,1677
8	0,454	0,38	1,04	0,00171212	0	0,00171212	0	0	1,9479
9	0,00171212	0	0	0,00171212	0	0,00171212	0	0	2,3801
10	0,72032623	0	0	0,00171212	0	0,00171212	0	0	2,3801
11	0	0,00171212	0	0,00171212	0	0,00171212	0	0	1,8391
12	0	0,72032623	0	0,00171212	0	0,00171212	0	0	2,0161
13	0	0	0,00171212	0,00171212	0	0,00171212	0	0	1,8989
14	0	0	0	0,00171212	0,00171212	0	0,00171212	0	2,2016
15	0	0	0	0	0,00171212	0,00171212	0	0	1,9952
16	0	0	0	0	0	0,00171212	0,00171212	0	2,1298
17	0	0	0	0	0	0	0,00171212	0,00171212	2,0501
18	0	0	0	0	0	0	0	0,00171212	2,0734
19	0	0	0	0	0	0	0	0	2,0741
20	0	0	0	0	0	0	0	0	2,0988

Рис. 1. Матрица планирования эксперимента

Достоинства предложенной методики – сокращение времени решения поставленной интерполяционной задачи, исключение случайных ошибок, которые может допустить разработчик.

Недостатки – пользователь, не знакомый с алгоритмом проведения эксперимента, мог случайно удалить ячейку (ячейки) с формулой в Excel.

Возникла задача отделить реализацию алгоритма проведения полнофакторного эксперимента [1] от интерфейса, т. е. оставить за пользователем только возможность ввода исходных и экспериментальных данных.

В качестве инструментария разработки приложения был выбран Lazarus – открытая среда разработки программного обеспечения на языке Object Pascal для компилятора Free Pascal (бесплатно распространяемый компилятор языка программирования Pascal). Интегрированная среда разработки предоставляет возможность кроссплатформенной разработки приложений в Delphi-подобном окружении.

На рис. 2 представлено главное окно разработанного приложения. Пользователю необходимо ввести исходные данные, затем нажать на кнопку «Показать рабочую таблицу», ввести полученные экспериментальные данные и нажать на кнопку

«Расчет коэффициентов регрессии». В результате будет построена математическая модель, составленная из значимых коэффициентов регрессии.

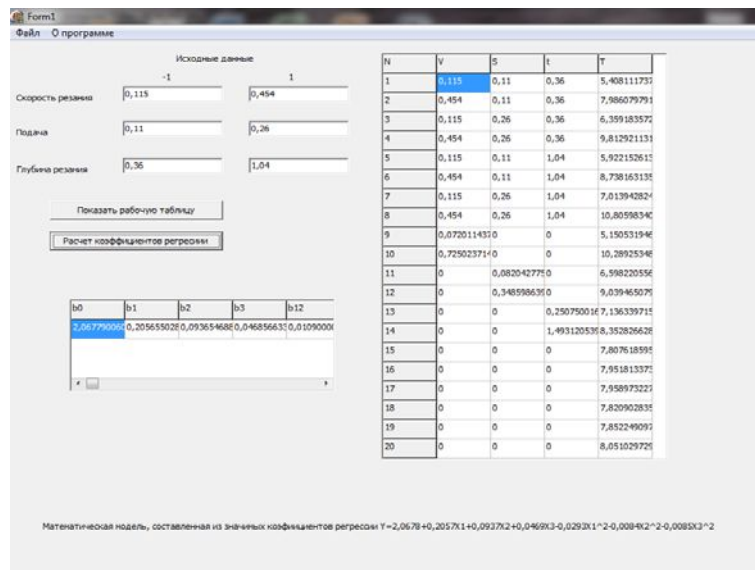


Рис. 2. Главное окно приложения

Для анализа полученной математической модели планируется в дальнейшем расширить возможности приложения.

Литература

1. Мельникова, А. Д. Многофакторная математическая модель элементов технологических процессов / А. Д. Мельникова // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XVII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 27–28 апр. 2017 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2017. – С. 519–522.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА РЕМОНТА НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

В. О. Савицкий

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Т. А. Трохова

В настоящее время одной из актуальных задач, которую необходимо решать при планировании жизненного цикла нефтяных скважин, является задача автоматизации планирования и мониторинга ремонта нефтяных скважин. Данная работа посвящена решению этой актуальной задачи. В работе представлена система автоматизированного планирования и мониторинга ремонта нефтяных скважин, применение которой позволяет эффективно производить формирование нормативной карты ремонтных работ, формирование данных о времени ремонта и выполнять анализ реальных данных по ремонту, что в дальнейшем приведет к повышению качества учета ремонтных работ.

Система позволяет автоматизировать процесс получения плановых параметров ремонта на основании шаблонов ремонтов, что позволяет учитывать опыт экспертов в данной предметной области и приводит к экономии средств и материалов, затрачиваемых на ремонт скважин.

Для разработки качественной автоматизированной системы, адекватно отображающей процесс планирования и мониторинга ремонта нефтяных скважин, был проведен тщательный анализ предметной области. Капитальный ремонт планируют на основе заявок, в которых указывают причину остановки скважины, цель, вид, продолжительность ремонта и другие данные. На каждый вид ремонта имеется утвержденная инструкция, т. е. постоянная технология на определенный срок, составляющая основу производственного процесса, предусматривающая соблюдение технологической дисциплины, повышение качества ремонта скважин и успешное выполнение плановых заданий. Технология текущего и капитального ремонта скважин, являясь фундаментом нормирования транспорта и спецтехники, имеет прочное нормативное обеспечение – единые нормы времени на капитальный ремонт скважин и единые нормы времени на подземный ремонт скважин. Это нормативное обеспечение позволяет выполнять расчеты норм оснащенности транспортом и спецтехникой бригад текущего и капитального ремонта скважин расчетно-аналитическим методом. Перед началом ремонтных работ производится необходимый практический расчет и планирование основных показателей, коэффициентов и норм с использованием заданных справочных норм времени на необходимые подготовительные и производимые работы. Также производится анализ и выбор необходимых инструментов и оборудования, которые будут использоваться в процессе ремонта.

В процессе работы выполнена классификация элементов предметной области, разработана функциональная модель информационной системы, разработана структура информационного пространства системы. Выполнена разработка программного комплекса планирования и мониторинга ремонта нефтяных скважин, который обладает следующими возможностями:

- хранение и обработка информации о ремонтах;
- формирование шаблонов ремонтных работ;
- создание нормативной карты и расчет нормативных параметров для заданного шаблона;
- сравнение плановых и фактических данных.

В рамках этих функций автоматизированная система предоставляет возможность выбора шаблона нормативных работ на ремонт скважин и его последующей корректировки вручную.

После анализа предметной области были выявлены следующие участники процесса планирования и мониторинга ремонта нефтяных скважин:

- НГДУ (Нефтегазодобывающее управление);
- ОТИЗ УНПНиРС (отдел организации труда и заработной платы управления по повышению нефтеотдачи пластов и ремонта скважин);
- цех ремонтов УНПНиРС;
- производственный отдел УНПНиРС.

На рис. 1 приведена схема передачи потоков данных между подразделениями.

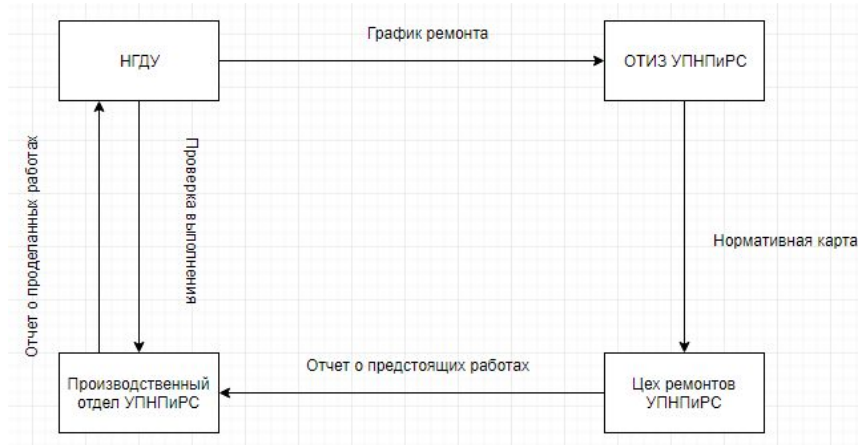


Рис. 1. Схема передачи потоков данных между подразделениями

Система имеет несколько режимов работы:

- режим формирования заявок на ремонт скважин;
- режим планирования ремонтов с формированием шаблонов ремонтных работ;
- режим формирования расчетного времени ремонтов;
- режим мониторинга ремонта;
- режим сравнительного анализа фактического и планового времени ремонтов;
- режим ведения нормативно-справочной информации;
- режим формирования отчетов.

Режим формирования заявок на ремонт скважин включает следующие функции. Пользователь из отдела НГДУ с определенными привилегиями может сформировать заявку на ремонт скважины и отправить ее в ОТИЗ УПНПиРС. Пользователи из отдела ОТИЗ УПНПиРС с определенными привилегиями могут принять или отменить заявку, тем самым режим позволяет в реальном времени отправлять заявки на ремонт скважин из одного отдела в другой.

Режим планирования ремонтов с формированием шаблонов ремонтных работ представлен следующими процессами. В отделе организации труда и заработной платы можно сформировать план ремонтов, сформировать шаблон ремонтных работ или выбрать его из уже существующих вариантов ремонта. Данный режим позволяет сформировать наиболее часто используемые шаблоны ремонтов для упрощения работы в будущем.

Режим мониторинга ремонта позволяет отправлять данные в реальном времени о проделанных работах на скважине, которые будут представлены в форме ежедневного отчета о проделанных работах. Данный режим позволяет оперативно отправлять и получать данные о ремонтах интересующих нефтяных скважин.

Режим сравнительного анализа фактического и планового времени ремонтов позволяет обнаружить этапы, на которых фактическое время проведения ремонта скважин не соответствует запланированному времени, что позволит принять нужные управленческие решения и изменить нормы времени, составив более точный план времени ремонтных работ.

Режим ведения нормативно-справочной информации (НСИ) отвечает за ведение различных видов справочников, включая просмотр, добавление и изменение записей таблиц НСИ. В полной мере этот режим доступен только пользователям из ОТИЗ УПНПиРС, так как это подразделение несет ответственность за своевременное и

корректное заполнение таблиц НСИ, необходимой для работы всего программного комплекса, информацией. Пользователям других отделов будет доступен только просмотр этой информации. При разработке информационного обеспечения были выделены следующие виды НСИ: «Площади», «Скважины», «Ремонтные работы», «Капитальные ремонты» и т. д.

На рис. 2 представлен вид интерфейсного окна программы при работе в этом режиме.

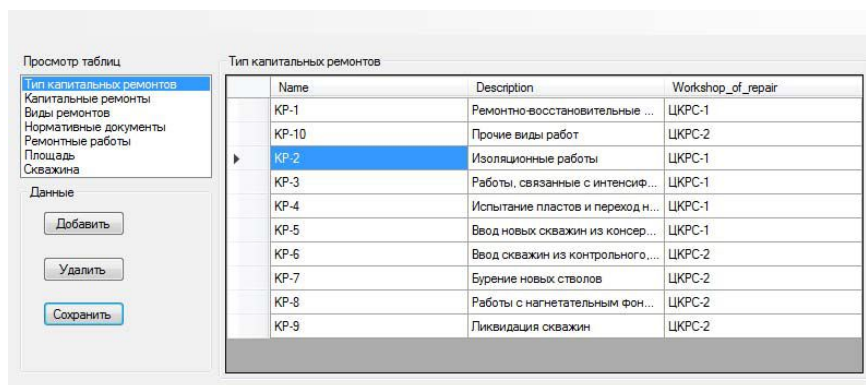


Рис. 2. Режим ведения нормативно-справочной информации

Режим формирования отчетов работает следующим образом. Пользователь производственного отдела УПНПиРС, имея доступ к режиму формирования отчетов, исходя из сформированной нормативной карты ремонтов, может сформировать один из предусмотренных программой отчетов, как в оперативном режиме, так и в режиме анализа и сравнения планового и фактического времени ремонта. Данный режим также позволит оперативно создавать отчет о ремонтах в отдел НГДУ пользователям, которые формировали заявку, для проверки и анализа ее выполнения.

Автоматизированная система в настоящее время находится на стадии апробации на реальных тестовых примерах и после доработок по результатам тестирования может быть представлена к внедрению на предприятиях, связанных с организацией ремонта нефтяных скважин.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ «ГАММА-FIT» ДЛЯ АНАЛИЗА ГАММА-СПЕКТРОВ СЦИНТИЛЯЦИОННЫХ СПЕКТРОМЕТРОВ

Ю. С. Миргород, Я. А. Салькевич

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Научный руководитель С. М. Качан

Гамма-спектрометрия является универсальным методом идентификации гамма-излучающих радионуклидов и установления их активности. Спектрометрические подходы широко применяются для контроля содержания радионуклидов в технологических контурах предприятий атомной промышленности, а также для контроля воздуха, воды, продуктов питания и других объектов с целью обеспечения радиационной безопасности населения. Таким образом, важной задачей является совершенствование методов анализа и обработки гамма-спектров, а также внедрение информационных технологий, позволяющих автоматизировать процесс и сократить затраты оператора.

Идентификация и определение активности гамма-излучающих нуклидов в образцах основывается на анализе присутствующих в спектре пиков фотопоглощения (фотопиков). Однако автоматическая обработка спектров, полученных с помощью широко распространенных сцинтилляционных детекторов, зачастую вызывают затруднение, связанное с проблемой определения площади фотопиков.

Нами разработана программа «Gamma-Fit» для анализа гамма-спектров сцинтилляционных спектрометров, основными преимуществами которой являются: а) способность с высокой точностью определять площадь фотопиков; б) возможность обработки амплитудных спектров, полученных на различных моделях сцинтилляционных гамма-спектрометров; в) свободный доступ и предоставление открытого исходного кода программы.

Математическая модель. Первоначальной задачей анализа амплитудных спектров является поиск отдельных пиков. Эта задача решается с использованием классического метода определения первой производной спектра [1]. Для уменьшения влияния шумов выполняется фильтрация исходного спектра методом Савицкого-Голая [2]:

$$S_i = N_n^{-1} \sum_{j=-n}^{j=+n} S_j + jC_j,$$

где C_j – число счетов в канале j в исходном спектре; S_{i+j} – коэффициент Савицкого-Голая; N_n – нормализующий фактор. Вычисление первой производной также проводится методом Савицкого-Голая:

$$D_i = N_n^{-1} \sum_{j=-n}^{j=+n} d_i + jS_j.$$

Пик-кандидат определяется как область шириной не менее шести каналов, в центре которой первая производная меняет знак с «+» на «-». Для дальнейшей проверки применяется критерий статистической значимости. Вычисляются вторые моменты dd_i и их дисперсия sd_i в вершине пика-кандидата:

$$dd_i = \sum_{j=i-M}^{i+2M-1} R_j S_j;$$

$$sd_i = \sum_{j=i-M}^{i+2M-1} R_j^2 S_j;$$

$$R_j = \begin{cases} -1, & i-M \leq j \leq i-1; \\ 2, & i \leq j \leq i+M-1; \\ -1, & i-M \leq j \leq i-1, \end{cases}$$

где M – разрешение спектрометра в канале i . Если отношение $dd_i / \sqrt{sd_i}$ больше установленной чувствительности, пик засчитывается как истинный, а его энергия принимается равной энергии центрального канала области. Энергии установленных

фотопиков сравниваются с базой данных радионуклидов для определения квантового выхода n_γ каждой гамма-линии.

Поиск пиков не производится в каналах, число отсчетов в которых меньше нижнего порога обнаружения, задаваемого оператором. Границы пиков определяются как ближайшие к вершине каналы, в которых первая производная меняет знак на противоположный.

Следующим этапом анализа амплитудных спектров является определение числа импульсов $\sum_i N_{ni}$, принадлежащих найденному фотопику. На этом этапе в границах установленного пика важно отделить импульсы фотопика от импульсов, принадлежащих спектральному континууму (так называемой «подставки» фотопика, существование которой определяется регистрацией гамма-квантов в результате эффектов, не связанных с фотопоглощением).

Для вычисления спектрального континуума оператор может использовать один из двух методов, по выбору. Оба метода используют интерполяцию кубическим сплайном Акимы [3] для значений числа отсчетов в каналах, находящихся в области пика. Однако для первого метода узлы интерполяционной функции находятся в области спектра свободной от пиков. Второй метод, предложенный Куинтана в работе [4], за первоначальный набор узлов принимает границы спектра и пиков, а далее число узлов увеличивается при превышении фактора T , определяющего отклонение континуума от формы спектра:

$$T = \sqrt{\rho R / S},$$

где ρ – число каналов между двумя соседними узлами; $R = \sum_i r_{i-1} r_i$; $S = \sum_i r_i^2$; $r_i = (S_i - F_i) / \sqrt{S_i}$; F_i – функция сплайна; S_i – сглаженный спектр.

Активность препарата рассчитывается по всем линиям присутствующих радионуклидов. Для каждого установленного фотопика, идентифицированного по базе данных радионуклидов, расчет активности производится с учетом энергетической зависимости эффективности регистрации ε :

$$A = \frac{\sum_i N_{ni}}{\varepsilon t n_\gamma},$$

где $N_{ni} = N_i - N_{\phi i} - N_{Ki}$ – число отсчетов в канале фотопика за вычетом фоновых отсчетов $N_{\phi i}$ и континуума N_{Ki} ; t – время экспозиции; n_γ – квантовый выход гамма-линии.

Программная реализация и результаты. Код программы написан на языке C# платформы .NET Framework 4.6.1. Для вычисления сплайнов Акимы используется свободная библиотека математических функций Math.NET Numerics. Описываемый код является частью разрабатываемого пакета «Gamma-Fit», который размещен и зарегистрирован в открытом репозитории GitHub (github.com/kardanna/bremsstrahlung).

С помощью разработанной программы «Gamma-Fit» мы проанализировали амплитудные спектры образцовых спектрометрических гамма-источников, полученные при использовании бета-гамма спектрометра МКС АТ1315 НПУП «АТОМТЕХ» (сцинтилляционный твердотельный детектор NaI(Tl), 1024 канала, энергетический диапазон 50 кэВ – 3 МэВ).

Результаты обработки по вышеизложенной методике были сверены с результатами обработки, выполненной с использованием программного обеспечения «SPTR», поставляемого производителем спектрометра.

Установлено, что значения активностей радионуклидов, вычисленные при помощи «Gamma-Fit», входят в доверительный интервал результатов обработки «SPTR». Однако в ряде случаев «Gamma-Fit» имеет очевидное преимущество, так как «SPTR» не удается корректно вычислить линии континуума для совмещенных фотопиков или пиков в низкоэнергетической области спектра (рис. 1).

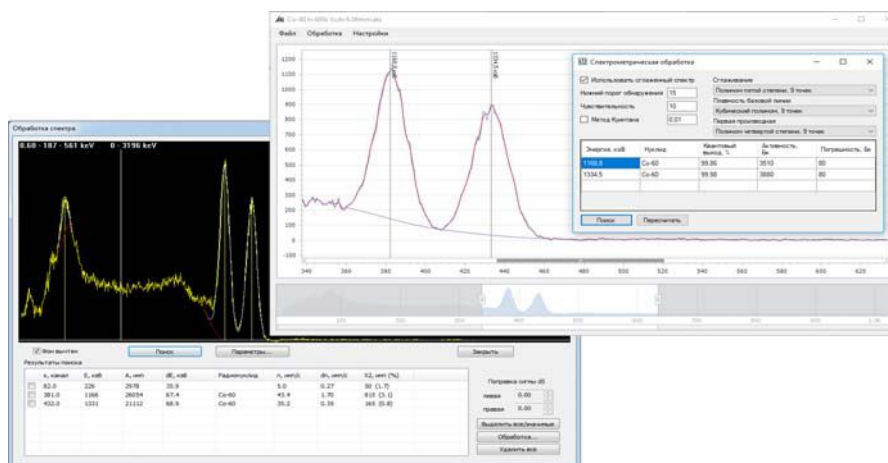


Рис. 1. Обработка спектров гамма-излучения Co-60, полученная с помощью программы «SPTR» (нижняя панель) и «Gamma-Fit» (верхняя панель)

Следует подчеркнуть, что оператор имеет возможность выбора параметров для автоматической обработки (степени полинома и количества точек в окне обработки), что позволяет корректировать результаты после визуального осмотра и добиваться наилучшего соответствия.

Представленная методология и соответствующий программный код могут быть эффективно использованы в гамма-спектрометрии общего назначения. Дальнейшее развитие программного обеспечения «Gamma-Fit» будет сфокусировано на повышении эффективности разрешения сложных пиков.

Литература

1. Baedeker, P. A. The Computer Analysis of High Resolution Gamma-Ray Spectra from Instrumental Activation / J. N. Grossman, Analysis Experiments // U. S. Geological Survey Open File Report. – P. 89–454.
2. Savitzky, A. Smoothing and Differentiation of Data by Simplified Least Squares Procedures / A. Savitzky, M. J. E. Golay // Analytical Chemistry. –1964. – 36 (8). – P. 1627–39.
3. Bartels, Richard H. An Introduction to Splines for Use in Computer Graphics and Geometric Modeling. / H. Richard Bartels, A. Brian Beatty, C. John Barsky. – San Mateo : Morgan Kaufmann, 1987.
4. Quintana, B. Continuous component determination in γ -ray spectra / B. Quintana, F. Fernandez // Nuclear Instruments and Methods in Physics. – Research A 411. – 1998. – A. 411. – P. 475–493.

МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

И. А. Строганова

*Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»,
г. Новополоцк, Республика Беларусь*

Научный руководитель Л. И. Стефанович

Процесс построения, изучения и применения моделей называют моделированием. Под моделью, вообще говоря, имеют в виду некоторую реально существующую или мысленно представляемую систему, которая, замещая в подсознательных процессах другую систему – оригинал, находится с ней в отношении сходства (подобия), благодаря чему изучение модели позволяет получить информацию об оригинале.

Моделирование состоит в построении модели воспроизводящей особенности структуры, поведения, а также другие свойства оригинала, и в последующем экспериментальном или мысленном ее исследовании.

Моделирование делится на два основных класса – материальное и идеальное. Роль идеального моделирования особенно велика в экономических исследованиях, поскольку возможности проведения натурального эксперимента и эксперимента с материальными моделями в них ограничены. Идеальное моделирование, в свою очередь, подразделяется на знаковое и интуитивное. Интуитивное моделирование в течение долгого времени оставалось главным и единственным методом анализа экономических процессов.

Любое экономическое исследование всегда предполагает объединение практики (фактографического материала) и теории (экономической модели). Экономическую модель можно определить как модель, основанную на экономической теории [1, с. 6].

Проблема моделирования состоит из трех задач [2]:

- построение модели (эта задача менее формализуема и конструктивна, в том смысле, что нет алгоритма для построения моделей);
- исследование модели (эта задача более формализуема, имеются методы исследования различных классов моделей);
- использование модели (конструктивная и конкретизируемая задача).

Основные особенности моделирования экономических систем заключаются в следующем [3, с. 14]:

1. При моделировании большинства экономических систем абсолютное подобие невозможно, и основная цель моделирования – модель должна достаточно хорошо отображать функционирование моделируемой системы.

2. Исследования по моделированию экономики выдвигают новые требования к системе информации – конкретной и качественной информацией, опирающейся на массовые наблюдения.

3. Вследствие динамичности экономических процессов необходимо иметь устойчивый поток новых данных, корректировать исходную информацию с целью ее актуализации.

Хотя в экономике имеются определенные аналогии с физическими процессами, экономическое моделирование намного сложнее. Это объясняется, в первую очередь, тем, что экономика охватывает не только экономические процессы, но и экономические отношения. Моделирование экономических процессов не представляет принципиальных трудностей и не намного сложнее, чем моделирование физических процессов. Моделировать же экономические отношения невозможно, не учитывая поведения людей, их интересов и индивидуально принятых решений.

Построение математических моделей для изучения экономических закономерностей называют экономико-математическим моделированием, а использование таких моделей в практике составления прогнозов – экономико-математическими методами прогнозирования.

Математическая модель экономического объекта – это его отображение в виде совокупности математических уравнений и неравенств, описывающее функционирование экономического объекта с заданной степенью детализации.

Можно выделить особые качества математических моделей, позволяющие им занять важнейшее место среди знаковых моделей. К таким качествам можно отнести: краткость и строгость; отсутствие двусмысленности истолкования при описании свойств исходного объекта; отражение преимущественно количественных свойств и характеристик исходного объекта, что позволяет применять математическое моделирование практически к любым объектам.

Преимущество использования математических моделей для описания экономических систем заключается в следующем:

1. В процессе построения математической модели исследователь может определить существенные и несущественные для исследуемой системы связи и параметры.
2. Математическая модель позволяет установить взаимосвязь между различными параметрами системы, а также описать влияние одних параметров на другие.
3. Математическая модель в отличие от вербальной позволяет описать процесс компактно, в виде набора математических соотношений.
4. Построенная математическая модель может быть использована для численного анализа исследуемой системы с помощью ЭВМ. Это позволяет выявить альтернативные сценарии поведения системы.
5. Используя математический аппарат, исследователь может получать новые знания об исследуемой системе, адекватные реальности в той же степени, что и построенная модель.

Целью математического моделирования экономических систем является использование методов математики для наиболее эффективного решения задач, возникающих в сфере экономики, с использованием, как правило, современной вычислительной техники. Экономико-математическое моделирование изучает экономику как социально-экономическую систему, ее количественные взаимосвязи и закономерности [3, с. 7].

В процессе исследования экономических систем изучаются экономические задачи и для этого строятся экономико-математические модели, включающие [5, с. 185]:

- некоторое число переменных величин для формализации модели объекта;
- информационную базу данных объекта;
- выражение взаимосвязей, характеризующих объект, в виде уравнений и неравенств;
- критерии эффективности, выражаемые в виде математического соотношения – целевой функции.

Основными направлениями математического моделирования в экономике являются:

1. Финансовая математика занимается построением поведенческих моделей экономических процессов, связанных с предоставлением денег в долг в той или иной форме (помещение средств на банковский счет, вложение средств в инвестиционный проект, инвестиции в ценные бумаги). Критерием оптимальности функционирования системы является максимизация (оценка) прибыли инвестора и минимизация (оценка) риска инвестиций.

2. Математическая экономика занимается построением и анализом феноменологических моделей различных систем микро- и макроэкономики, (модели потребительского выбора, модели конкуренции, модели общего рыночного равновесия и т. д.).

3. Исследование операций в экономике занимается построением моделей принятия оптимальных решений в условиях ограниченности ресурсов (модели линейного и нелинейного программирования, модели управления запасами и т. д.).

4. Эконометрика, исследующая количественные закономерности и взаимозависимости в экономике при помощи методов математической статистики.

Проникновение в экономические исследования математических моделей создало основу для точного и строгого описания моделей и объяснения выводов, получаемых на их основе. Следует, однако, отметить, что использование математических (знаковых) моделей не уменьшает роли интуитивного моделирования. Так называемые имитационные модели синтезируют эти оба вида моделирования.

Подводя итоги вышеизложенному материалу, выделим главные особенности метода моделирования и применения этого метода в изучении экономических объектов.

В тех случаях, когда экспериментальное исследование самого объекта невозможно или затруднено, экономически нецелесообразно или нежелательно, тогда в так называемом модельном эксперименте исследованию подвергается уже не сам объект, а замещающая его модель.

Главная особенность моделирования в том, что это – метод опосредованного познания с помощью объектов-заместителей. Модель выступает как своеобразный инструмент для познания, который исследователь ставит между собой и объектом, с помощью которого изучает интересующий его объект. Метод моделирования играет важную роль в экономических исследованиях.

Главная особенность применения метода моделирования в познании экономических объектов с помощью объектов-заместителей определяется тем, что многие экономические объекты (или проблемы, относящиеся к этим объектам) непосредственно исследовать невозможно или их исследование потребовало бы много времени и средств. Строя модели, экономисты выявляют существенные факторы, определяющие исследуемое явление, и отбрасывают детали, не существенные для решения поставленной проблемы. Формализация основных особенностей функционирования экономических объектов позволяет оценить возможные последствия воздействия на них и использовать такие оценки в управлении.

Литература

1. Моделирование экономических процессов : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальностям экономики и управления / под ред. М. В. Грачевой, Л. Н. Фадеевой, Ю. Н. Черемных. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 351 с.
2. Введение в анализ, синтез и моделирование систем. Основы моделирования систем. – Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/2305/605/lecture/13119>. – Дата доступа: 20.02.2016.
3. Математические методы в экономике : учеб. / под общ. ред. проф. А. В. Сидоровича ; МГУ им. М. В. Ломоносова. – М. : Дело и Сервис, 2001. – 368 с.
4. Экономико-математические методы и модели : курс лекций / А. С. Гринберг, О. Б. Плющ, В. К. Шешолко. – 2-е изд., стер. – Минск : Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь, 2005. – 222 с.
5. Паршин, В. Ф. Эконометрика и экономико-математические методы и модели : учеб.-метод. комплекс для студентов экон. специальностей. – Минск : Изд-во МИУ, 2010. – 428 с.

МЕТОДИКА СЕМАНТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ТЕКСТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАИВНОГО БАЙЕСОВСКОГО КЛАССИФИКАТОРА

И. Ю. Татуревич

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель О. А. Кравченко

Семантический анализ текста – это этап в последовательности действий алгоритма автоматического понимания текстов, направленный на установление «содержательных» семантических отношений [1]. Область применения данной технологии достаточно обширна: психология, политология, филология, торговля и др. В области информационных технологий данный тип анализа используется при проектировании поисковых и SEO-алгоритмов, искусственного интеллекта и текстовых фильтров. Семантический анализ, несмотря на свою востребованность, является одной из сложнейших математических задач. Это обусловлено тем, что языки по своей природе плохо поддаются формализации. Как следствие этого, в области автоматизации семантического анализа в настоящий момент нет единых алгоритмов и подходов к решению конкретных задач. Из вышеуказанного можно сделать вывод, что исследования и разработки в данной области являются актуальными и перспективными.

Одной из задач в рамках семантического анализа текста является классификация текстов. Классификация текста необходима для решения таких задач, как борьба со спамом, распознавание эмоциональной окраски текстов, разделение сайтов по тематическим разделам, персонификация рекламы. Одним из способов решения задачи классификации является метод, использующий наивный байесовый классификатор. Наивный байесовский классификатор – один из наиболее примитивных классификаторов, основанных на теореме Байеса с условием выполнения строгой независимости вероятностных компонент. Данное допущение рассматривает каждое слово в тексте отдельно и независимо от остальных.

Одной из основных целей данной работы являлось изучение принципов работы наивного байесового классификатора в контексте семантического анализа текста, позволяющее сделать выводы о целесообразности применения данного метода для решения задач классификации текста. Для тестирования данного метода требуется разработать специальное программное обеспечение, представляющее собой библиотеку. Разработанная библиотека может быть использована в приложениях, исследующих применения байесовского классификатора в задачах семантического анализа текста. В качестве задачи классификации текста рассматривается задача по фильтрации спама.

Разработанное программное обеспечение выполняет следующие функции: принимает на вход файл текстового формата, содержащий набор текстовых сообщений, и определяет процент сообщений, которые не содержат спам. Программа написана на языке *F#* с использованием библиотеки *Accord.net*. Для тестирования разработанных алгоритмов использовалась база данных *SMS Spam Collection*, состоящая из более чем 5000 сообщений, которые принадлежат к классу «спам» и «не-спам».

В основе наивного байесовского классификатора лежит теорема Байеса, которая позволяет определить вероятность события при условии, что произошло другое взаимозависимое событие:

$$P(c|d) = \frac{P(c|d) \cdot P(c)}{P(d)},$$

где $P(c | d)$ – вероятность того, что сообщение принадлежит классу «не-спам»; $P(c | d)$ – вероятность того, что сообщение принадлежит классу «спам»; $P(c)$ – безусловная вероятность встретить сообщение класса «спам» в обучающей выборке сообщений; $P(d)$ – безусловная вероятность встретить сообщение класса «не-спам» в обучающей выборке сообщений.

Алгоритм работы классификатора состоит в следующем. Исходный массив данных разбивается на слова или предложения (токенизируется). Затем происходит преобразование полученных данных в числовую форму с использованием модели *bag-of-words*.

Следующий шаг алгоритма – обучение функции классификации тренировочным набором данных. Рассмотрим конкретный пример. Дано три сообщения: x_1, x_2, x_3 . Пусть два из них x_1 и x_2 относятся к классу «спам», а x_3 – к классу «не-спам». Из сообщений выделены слова Y_1, Y_2, Y_3 , которые являются ключевыми характеристиками для классификации сообщений. Результаты такого извлечения представлены в табл. 1.

Таблица 1

Количество слов и классы для сообщений

Сообщение	Класс	Количество слов		
		Y_1	Y_2	Y_3
x_1	спам	2	0	1
x_2	спам	0	0	3
x_3	не-спам	1	2	0

В табл. 2 представлено, как будет выглядеть общее количество слов, входящих в класс «спам и не-спам».

Таблица 2

Общее количество вхождений слов в классы

Слова	Класс «спам»	Класс «не-спам»
Y_1	2	1
Y_2	0	2
Y_3	3	0
<i>Итого</i>	5	3

При появлении в системе нового сообщения x_4 из него также будут выделены слова. При этом, если данные слова не встретятся в составленной ранее таблице, то они будут исключены из классификации, и будет подсчитано общее количество оставшихся слов. Вероятность того, что сообщение будет отнесено к одному из классов, равна произведению вероятностей вхождения найденных слов в этот класс. Необходимо рассчитать значения вероятностей для обоих классов, чтобы определить, к какому из них относится сообщение x_4 .

После стадии обучения в классификатор передается тестовый массив данных и вычисляется результат. Точностью вычисления алгоритма является процент корректно определенных данных. Например, если в качестве входных данных подается 100 сообщений, которые гарантированно не являются спамом, то алгоритм должен показать точность, равную 100 %. Для тестирования разработанных библиотек также применялась модификация алгоритма, учитывающая наличие часто повторяемых слов в обеих группах.

Для практического тестирования классификатора брались первые 500 строк из базы данных *SMS Spam Collection* и на их основе строилась обучающая выборка (табл. 2). Непосредственное тестирование алгоритма проводилось для следующих 100 сообщений той же базы данных. Процесс был повторен 5 раз для двух видов алгоритма: прямого и модифицированного. По результатам тестирования программы немодифицированный алгоритм отфильтровал спам с точностью до 86 %. Точность модифицированного алгоритма составила 98 %.

Таблица 3

Результат работы алгоритмов

Номер тестовой выборки	Точность оптимизированного алгоритма, %	Точность прямой версии алгоритма, %	Разница, %
1	98,4	86,3	12,1
2	98,0	86,9	11,1
3	97,5	87,1	10,4
4	97,9	87,0	10,9
5	98,6	86,5	12,1
<i>Итого (среднее)</i>	98,08	86,6	11,32

Применение наивного байесового классификатора показало достаточно высокую эффективность и точность результатов. По сравнению с нейронными сетями, которые также применяются для решения задач подобного рода, он имеет следующие преимущества: меньший объем данных для обучения, простота реализации, скорость работы на небольших и средних объемах данных. К недостаткам данного подхода можно отнести требования к постоянному обучению системы и изменениям алгоритма, если необходимо добиться высокой точности анализа.

Литература

1. Леонтьева, Н. Н. К теории автоматического понимания текста. / Н. Н. Леонтьева. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 2002. – Ч. 3. Семантический компонент. Локальный семантический анализ. – С. 49.

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О РАЗМНОЖЕНИИ БАКТЕРИЙ С ПОМОЩЬЮ
ИНЖЕНЕРНОГО ПАКЕТА MATHCAD****Я. В. Янкина***Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Научный руководитель Н. А. Кондратьева

При исследовании явлений природы, решении множества задач физики, химии и биологии, а также иных наук не всегда предоставляется возможность напрямую определить непосредственную зависимость величин, которые описывают тот или иной эволюционный процесс. Но есть возможность определить связь среди величин (функций) и скоростями их изменения относительно других (независимых) переменных величин, т. е. найти уравнения, в которых неизвестные функции входят под знак производной. Данные уравнения называют дифференциальными. Модели, базирующиеся на основе дифференциальных уравнений, применяются с целью отображения динамики довольно многих популяций (к примеру, микробных), у которых процессы зарождения и гибели особей можно рассматривать непрерывными процессами.

В благоприятных для размножения условиях находится некоторое количество x_0 бактерий. Из эксперимента известно, что скорость размножения бактерий пропорциональна их количеству. Необходимо найти зависимость роста числа бактерий с течением времени.

Обозначим через $x(t)$ количество размножающихся бактерий в момент времени t : $x(0) = x_0$. Отвлекаясь от того, что численность может измеряться только целыми числами, считаем, что $x(t)$ изменяется во времени непрерывно дифференцируемо. В таком случае скорость размножения есть производная от функции $x(t)$; поэтому указанный в условии задачи биологический экспериментальный закон дает возможность составить дифференциальное уравнение размножения бактерий:

$$\frac{dx(t)}{dt} = kx(t), \quad k > 0, \quad (1)$$

где k – коэффициент пропорциональности.

Наша задача свелась к решению несложной математической задачи: найти решение $x = x(t)$ уравнения (1), для которого $x(0) = x_0$.

Поскольку $x(t) > 0$, разделив обе части уравнения (1) на $x(t)$, получим:

$$\frac{d}{dt} = (\ln x(t)) = k.$$

Отсюда получаем:

$$\ln x(t) = kt + C_1,$$

где C_1 – произвольная постоянная; будем считать, что $C_1 = \ln C$, $C > 0$.

Из (2) имеем:

$$x(t) = Ce^{kt}. \quad (3)$$

Чтобы из множества функций (3) выделить ту, которая описывает процесс размножения бактерий, воспользуемся условием $x(0) = x_0$, откуда $x_0 = C$. Окончательно получим:

$$x(t) = x_0, \quad (4)$$

т. е. при благоприятных условиях увеличение бактерий с течением времени происходит согласно экспоненциальному закону.

Экспоненциальный рост – возрастание величины, когда скорость роста пропорциональна значению самой величины. Для любой экспоненциально растущей величины, чем больше значение она принимает, тем быстрее растет. Экспоненциальная кривая никогда не уходит в бесконечность за конечный промежуток времени.

Дифференциальное уравнение:

$$\frac{dy(x)}{dx} = ky(x) \quad (5)$$

описывает разнообразные процессы и зависимости между величинами, в которых искомая функция $y = y(x)$ может быть не только положительной.

Решениями уравнения (5) являются те и только те функции $y = y(x)$, производная которых в каждой точке отличается от значения функции в этой точке лишь множителем k , где k – фиксированное действительное число.

Решениями этого уравнения являются все функции вида $y = Ce^{kx}$, где C – произвольное число. Никаких других решений уравнение (5) не имеет.

В программе MathCad используем функцию Odesolve, которая требует записи вычислительного блока. Он состоит из трех частей:

- ключевого слова Given (Дано);
- дифференциального уравнения и начальных или граничных условий к нему;
- функции odesolve.

Решая задачу, будем учитывать что k – коэффициент пропорциональности, следовательно, мы можем принять его за единицу.

Дифференциальное уравнение:

$$\frac{dx(t)}{dt} = kx(t)$$

и начальные условия $x(0) = 1$ записываются в вычислительном блоке, начинающемся директивой Given. При их записи применяется символ булева равенства = с математической панели (палитры) Boolean (Булевы операторы). Вычислительный блок заканчивается обращением к функции odesolve (рис. 1).

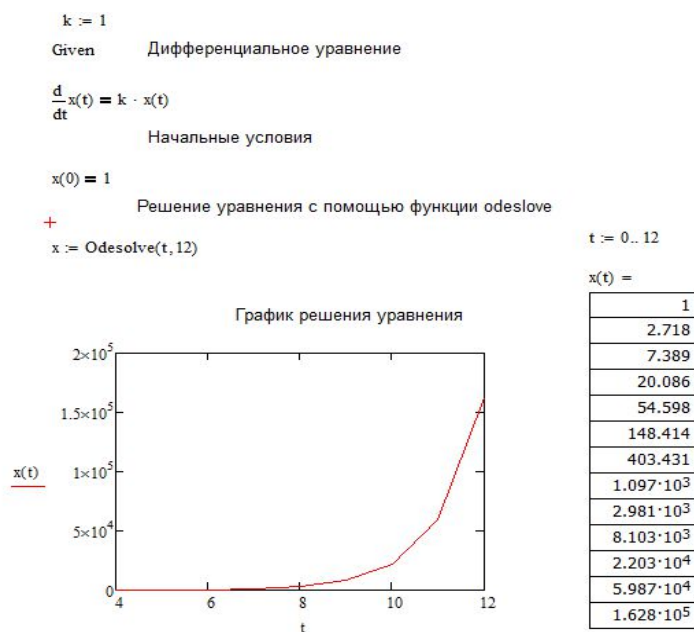


Рис. 1. Использование функции Odesolve при начальном условии $x(0) = 1$

Изменим начальное условие с $x(0) = 1$ на $x(0) = 75$ (рис. 2) и проследим за изменениями.

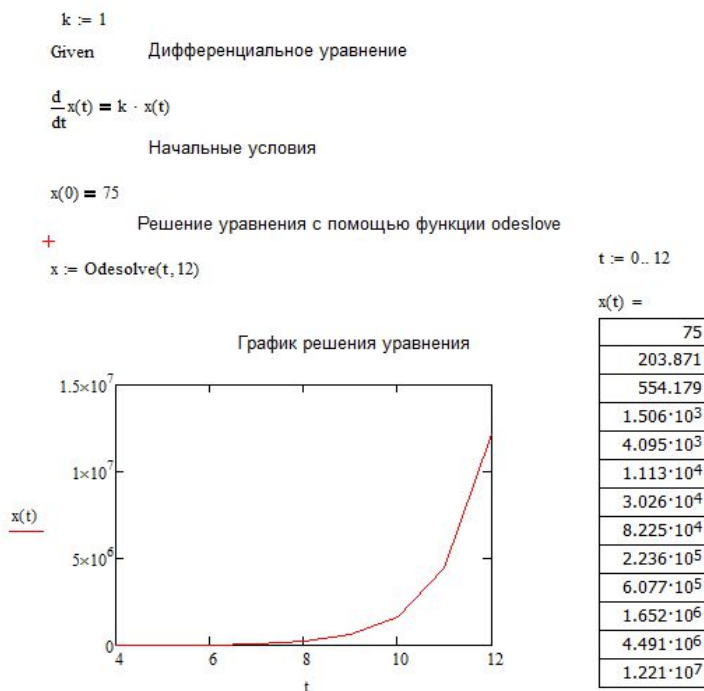


Рис. 2. Использование функции Odesolve при начальном условии $x(0) = 75$

В соответствии с нормами воздух закрытых помещений считают чистым при содержании в 1 м^3 вплоть до 2000 бактерий, таким образом, если не проветривать помещение, то за $t = 12 \text{ ч}$ в 1 м^3 их число будет равным $3,255 \cdot 10^8$ (рис. 3).

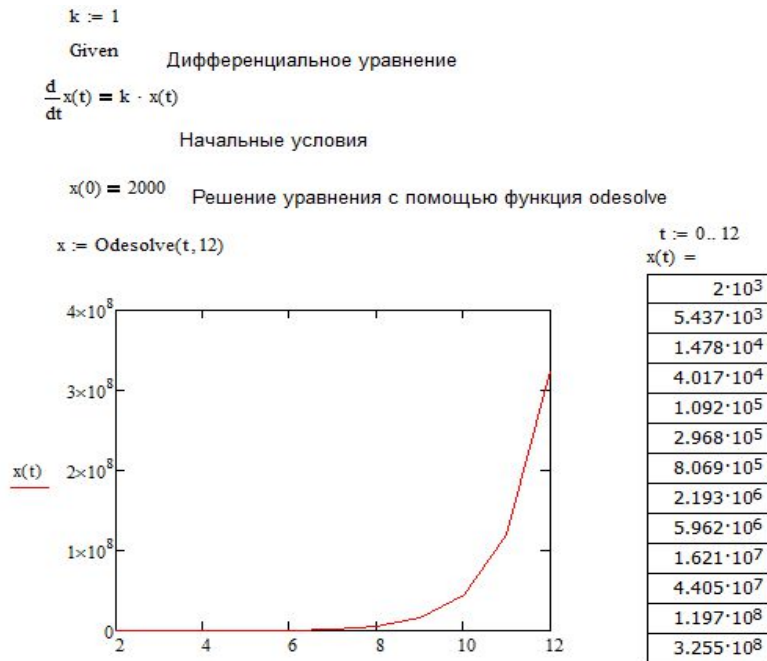


Рис. 3. Начальное количество бактерии равно 2000

Так, если объем помещения считать $V = 60 \text{ м}^3$, то за время $t = 12 \text{ ч}$ без проветривания количество бактерий станет равным $1956 \cdot 10^{10}$.

Исходя из графиков, мы можем сделать вывод об увеличении бактерий с течением времени (в данной задаче использовали время $t = 12 \text{ ч}$) по экспоненциальному закону.

В период лаг-фазы (от 0 до 8 ч) бактерии приспосабливаются к новой среде обитания, и по этой причине рост пока еще не достигает максимальной скорости. В данный период у бактерий могут, к примеру, синтезироваться новые ферменты, необходимые для усвоения тех питательных элементов, которые содержатся в новой среде. Логарифмическая фаза (от 8 до 12 ч и выше) – это фаза, когда бактерии растут с максимальной скоростью, количество клеток увеличивается почти экспоненциально, а кривая роста представляет собой практически прямую линию (рис. 4).

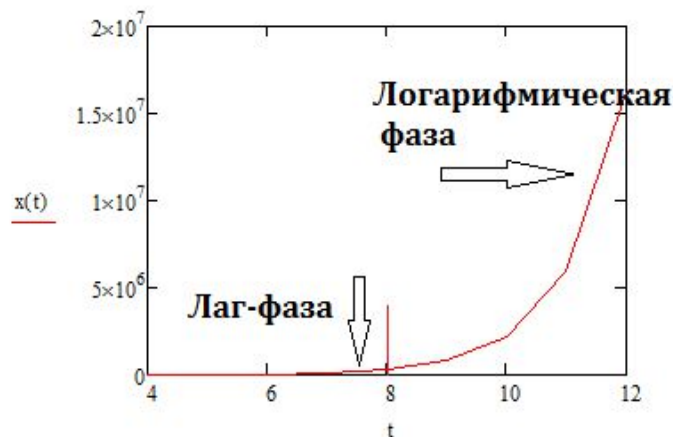


Рис. 4. Периоды размножения бактерий

Если в момент времени $t_0 = 0$ количество бактерий составляет $x_1 = 1$, то к $t = 12$ ч их количество станет равным $x_1 = 1,628 \cdot 10^5$.

При начальном количестве бактерий $x_2 = 75$ к $t = 12$ ч их количество станет равным $x_2 = 1,221 \cdot 10^7$, что на $120,472 \cdot 10^5$ больше (в 75 раз), чем при начальном количестве $x_1 = 1$.

Литература

1. Алексеев, Е. Р. Решение задач вычислительной математики в пакетах Mathcad 12, MATLA 7, Maple 9 / Е. Р. Алексеев, О. В. Чеснокова. – М. : НТ Пресс, 2006.
2. Дьяконов, В. П. MathCad 2001 : учеб. курс / В. П. Дьяконов – СПб. : Питер, 2001.
3. Очков, В. Ф. MathCAD 14 для студентов, инженеров и конструкторов / В. Ф. Очков – СПб. : БХВ-Петербург, 2007. – 368 с.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ПО АГРЕГИРОВАНИЮ МЕРОПРИЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ NODEJS И ANGULAR 2

П. Ю. Дроздов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Г. П. Косинов

Программный комплекс по агрегации информации о мероприятиях представляет из себя клиент-серверное веб-приложение с использованием микросервисов для выполнения параллельных задач по обработке большого объема данных.

Программный комплекс состоит из трех основных модулей, каждый из которых выполняет определенную функцию.

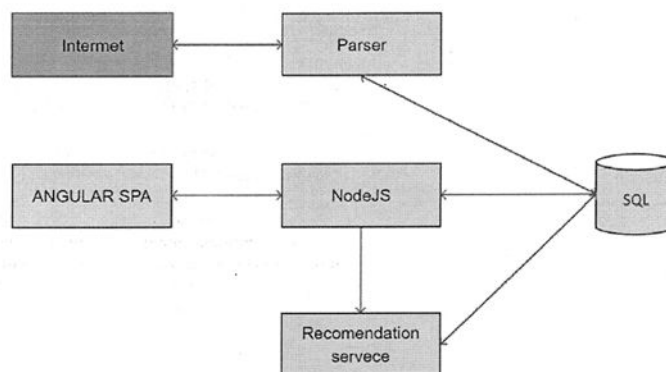


Рис. 1. Схема взаимодействия модулей приложения

Главный модуль – веб-приложение, с которым пользователь будет взаимодействовать, выполняя различные операции: поиск мероприятий, просмотр рекомендаций, просмотр календаря и др.

Модуль рекомендаций выполняет обработку информации о пользователе и на основе этих данных пытается угадать наиболее подходящие мероприятия, которые будут соответствовать его ожиданиям. Также рекомендации строятся на основе сравнения профилей пользователей между собой по принципу: если интересы совпа-

дают у пользователя А с пользователем Б, и пользователи посетили большое количество одинаковых мероприятий, то можно сделать некоторые выводы о схожести интересов пользователей, и попробовать рекомендовать посетить непосещенные мероприятия пользователя В пользователю А и наоборот.

Модуль-парсер выполняет операции по загрузке данных со сторонних ресурсов. Многие организации имеют свои собственные сервисы, в которых публикуется информация об предстоящих мероприятиях. При вероятном сотрудничестве с такими организациями необходимо выполнять синхронизацию баз данных двух систем. Данный сервис будет выполнять эту операцию в автоматическом режиме после внесения сторонней системы в качестве источника данных. Такой подход позволяет поддерживать данные в актуальном состоянии с минимальными задержками на обновление.

Для внешней стилизации приложения используется препроцессор SASS в паре с Bootstraps3. Внешний вид приложения представлен на рис. 2.

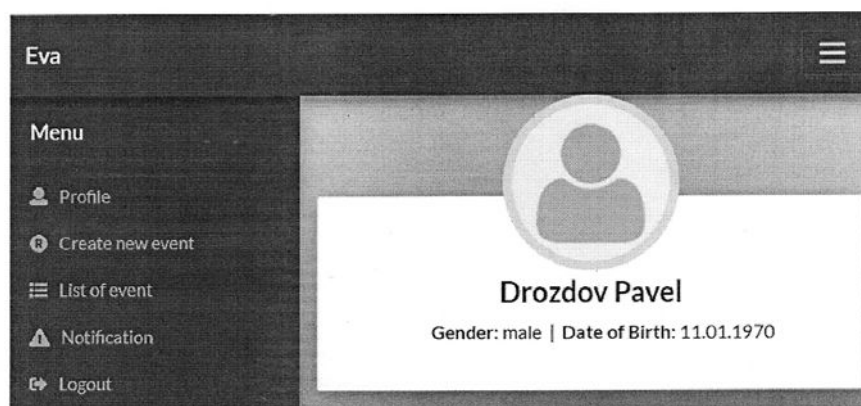


Рис. 2. Внешний вид приложения

NodeJS – это серверная платформа, основанная на движке V8 (разрабатывается компанией Google), который транслирует язык JavaScript в машинный код. Также в платформу входят дополнительные модули, написанные на C++ для работы с потоками ввода-вывода, файловой системой и другими системными API. Данная платформа предназначена для разработки производительных и масштабируемых веб-приложений.

Основным языком программирования для данной платформы является JavaScript и поддерживается самый последний стандарт языка ES6 (принятый в 2016 г.), с некоторыми исключениями. Для языка существует множество библиотек и все они расположены в пакетном менеджере npm.

В NodeJS помимо JavaScript можно использовать нативные модули, написанные на языке C++.

NodeJS работает на основе асинхронно-событийной модели. Все API-интерфейсы библиотеки Node.js не блокируют загрузку. Также NodeJS является однопоточным приложением.

NodeJS используется в качестве технологического решения при построении приложений, связанных с вводом-выводом данных, для приложений потоковой передачи данных, приложений обрабатывающих большой объем данных в режиме реального времени (DIRT), приложений на основе API JSON.

В сравнении с другими платформами для разработки веб приложений NodeJS выигрывает в производительности и количестве одновременно обрабатываемых запросов.

Для разработки клиентской части веб-приложения используется фреймворк Angular 2, который написан на языке программирован TypeScript. Также Angular 2 включает в себя библиотеку для реактивного программирования - RXJS.

Angular 2 – это фреймворк для разработки одностраничных веб-приложений (Single Page Application). Данный тип приложений работает следующим образом – приложение один раз при первом открытии страницы загружается в браузер, а далее выполняет все манипуляции с сервером посредством AJAX-запросов. Данный подход позволяет экономить на количестве пересылаемых данных между клиентом и сервером, а также избавиться от постоянной перезагрузки страницы.

В качестве паттерна в Angular 2 используется компонентный подход, а каждый компонент, в свою очередь, представляет из себя классическую реализацию паттерна «модель–представление–контроллер».

Для работы с данными в Angular 2 используются сервисы, которые применяются для разделения операций с данными от управления состоянием компонента. Также стоит отметить, что все сервисы в Angular 2 реализуют паттерн singleton.

Angular 2 включает в себя модули для работы с различными API браузера, такими, как взаимодействие приложения с сервером по технологии Ajax, двойное связывание данных, модуль для работы с DOM и другими моделями.

RXJS – библиотека для работы с асинхронными операциями. Основными элементами библиотеки являются объекты, которые выступают в качестве обертки асинхронных операций.

TypeScript – язык программирования, который был разработан компанией Майкрософт в 2012 г. для разработки веб-приложений. Данный язык транслируется в JavaScript. Основное отличие TS от JS – это наличие строгой типизации, что позволяет обнаружить ошибки в коде на этапе сборки приложения, а не на этапе тестирования.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ MOODLE 3.4 ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ ПО ФИЗИКЕ

В. А. Ермоленко, Е. С. Каминская

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. И. Кравченко

Дистанционное обучение – это комплекс образовательных услуг, которые предоставляются с помощью специализированной информационной образовательной среды. Под дистанционным обучением понимается любой вид передачи знаний, при котором обучающий и обучаемый разобщены во времени или пространстве. Современные компьютеры позволяют эффективно воспроизводить все известные до настоящего времени виды передачи информации. Только благодаря компьютерным технологиям, могут быть реализованы информационно-справочные системы, которые могут быть доступны с помощью Интернета, что также является одной из важнейших составляющих индивидуализации обучения. Наиболее известной обучающей системой является Moodle.

Обучающая система Moodle предоставляет широкий спектр возможностей для полноценной поддержки процесса получения образования, а также предлагает раз-

нообразные способы предоставления учебного материала, проверки знаний и контроля успеваемости. Moodle – это свободная система управления обучением, ориентированная, прежде всего, на организацию взаимодействия между преподавателем и обучающимися [1].

Учебный материал в Moodle может быть представлен в виде отдельных курсов, в рамках которых преподаватель может использовать большой набор элементов и ресурсов: лекции, семинары, задания, тесты, опросы, анкеты и др. На протяжении работы с курсом преподаватель имеет возможность редактирования содержания курса и осуществляет полный контроль за процессом обучения. По результатам выполненных заданий преподаватель может выставлять оценки. Таким образом, Moodle является центром планирования, создания и организации учебного процесса, используя интерактивное взаимодействие между всеми участниками процесса.

В качестве обучающей системы нами использована последняя версия – Moodle 3.4, отличительными особенностями которой являются:

- а) упрощенная организация управления календарем;
- б) наличие диспетчера хранения личных файлов;
- в) улучшенный глобальный поиск и упрощенная навигационная система;
- г) возможность использовать мобильное приложение.

Обучающая система Moodle 3.4 установлена по адресу: <http://test.fisica.by/> и используется нами для проверки знаний по физике у студентов дневной и заочной формы обучения. В дальнейшем предполагается размещать и учебный материал учащимся школ и абитуриентам. На главной (домашней) странице сайта размещаются основные разделы физики, представленные в виде курсов (рис. 1).

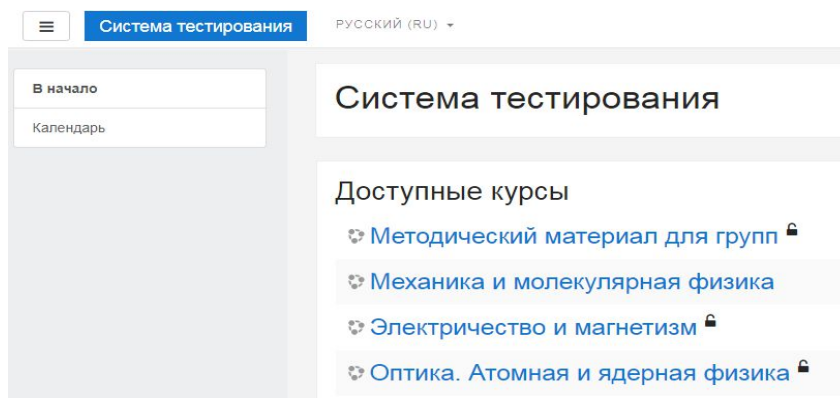


Рис. 1. Домашняя страница

Например, из доступных курсов выберем «Электричество и магнетизм». Согласно учебному плану была определена структура курса (рис. 2).

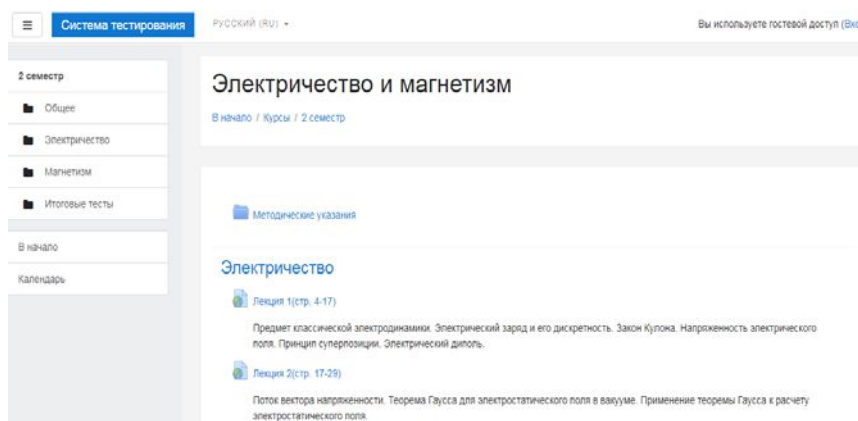


Рис. 2. Фрагмент курса

Работа учащихся с курсом «Электричество и магнетизм» начинается с раздела «Электричество», который состоит из лекций, практических и лабораторных работ, представленных в виде элементов и ресурсов курса. В данном курсе мы использовали элементы такие, как «Гиперссылка», «Тест» и «Файл».

Модуль «Гиперссылка» позволяет преподавателю разместить веб-ссылку как ресурс курса. Ссылка может быть связана с любым ресурсом, который находится в свободном доступе в Интернете (например, документы и изображения). Преподаватель может использовать ссылку из хранилища, такого, как YouTube, Wikimedia и др.

Элемент курса «Тест» позволяет преподавателю создавать тесты, состоящие из вопросов разных типов: множественный выбор, верно/неверно, на соответствие, короткий или числовой ответ.

Модуль «Файл» позволяет преподавателю представить документ как ресурс курса. Если это возможно, то файл будет отображаться в интерфейсе курса, в противном случае студентам будет предложено скачать его.

После окончания курса «Электричество и магнетизм» следует итоговый проверочный тест для студентов дневного и заочного обучения. Данный тест генерирует 20 случайных вопросов для заданной темы (количество вопросов задает преподаватель) (рис. 3). После прохождения теста показывается общее число набранных баллов и оценка, которую получил студент после прохождения теста.

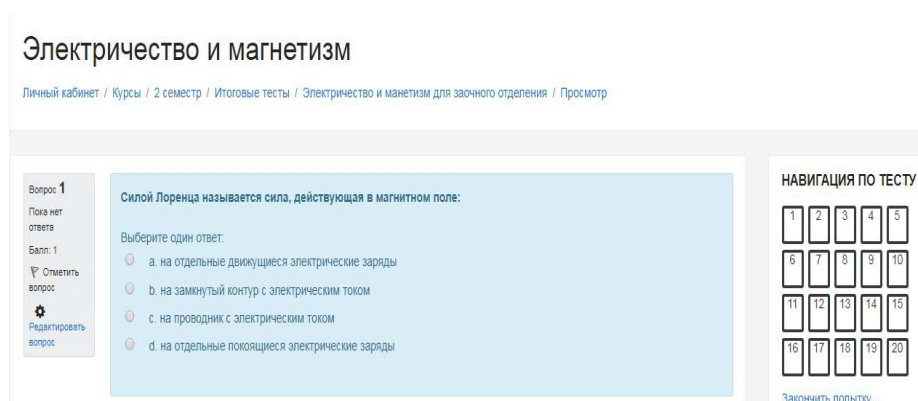


Рис. 3. Фрагмент теста

Благодаря обучающей системе Moodle 3.4, можно:

- а) обеспечить учащимся удаленный доступ не только к учебному материалу, но и к большому количеству справочной информации;
- б) предоставить учащимся возможность самостоятельно проверять степень усвоения пройденного материала с помощью тестирования;
- в) обеспечить объективность системы оценки знаний в системы дистанционного обучения Moodle.

Л и т е р а т у р а

1. Создание обучающего курса с помощью СДО Moodle. – Режим доступа: <http://ripo.unibel.by/index.php?id=1304/>.

Научное издание

**ИССЛЕДОВАНИЯ
И РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ
МАШИНОСТРОЕНИЯ,
ЭНЕРГЕТИКИ
И УПРАВЛЕНИЯ**

**МАТЕРИАЛЫ
XVIII Международной научно-технической
конференции студентов, аспирантов
и молодых ученых**

Гомель, 26–27 апреля 2018 года

Ответственный за выпуск *Н. Г. Мансурова*

Редакторы: *Н. В. Гладкова, А. В. Власов, Т. Н. Мисюрова*

Компьютерная верстка: *Н. Б. Козловская, И. П. Минина*

Подписано в печать 26.09.18.

Формат 60x84/8. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 73,89. Уч.-изд. л. 50,45.

Тираж 40 экз. Заказ № 631/40.

Издатель и полиграфическое исполнение

Гомельский государственный

технический университет имени П. О. Сухого.

Свидетельство о гос. регистрации в качестве издателя

печатных изданий за № 1/273 от 04.04.2014 г.

пр. Октября, 48, 246746, г. Гомель