

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

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

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

Гомель, 24–25 апреля 2014 года

Гомель 2014

УДК 621.01+621.3+33+004(042.3)

ББК 30+65

И88

*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 XIV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 24–25 апр. 2014 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2014. – 509 с.

ISBN 978-985-535-203-8.

Содержатся материалы XIV Международной научно-технической конференции по следующим направлениям: машиностроение; материаловедение и технология обработки материалов; энергетика; промышленная электроника; отраслевая экономика и промышленная политика; корпоративное управление и инновационная деятельность; экономика и управление в агропромышленном комплексе; маркетинг; информационные технологии и моделирование; энергоэффективность, надежность и диагностика энергооборудования.

Для студентов, аспирантов и молодых ученых.

УДК 621.01+621.3+33+004(042.3)

ББК 30+65

ISBN 978-985-535-203-8

© Оформление. Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Секция I. МАШИНОСТРОЕНИЕ

<i>Котов С. Ю., Липский А. П.</i> Влияние вакуумно-плазменных покрытий на геометрические характеристики сферических подложек.....	11
<i>Томашевский А. Н., Федоров Р. П.</i> Обоснование изменения конструкции щековых дробилок при переработке сверхпрочных горных пород.....	14
<i>Мулярчик В. В., Чеботаренок А. П.</i> Расчет производительности центробежно-ударных дробилок на основе баланса мощности.....	17
<i>Матусович Э. В., Загоровский Ю. В.</i> Изыскание средств совершенствования привода колес шахтного самоходного вагона.....	20
<i>Бесман А. В.</i> Оценка и повышение конкурентоспособности продукции для предприятия машиностроения.....	23
<i>Черняков С. Г.</i> Размерный анализ и исследование кинематических погрешностей планетарного эксцентрикового редуктора.....	26
<i>Гинзбург А. А.</i> Сравнение эффективности гидравлических систем с объемной и клапанной адаптацией к нагрузке по уровню потерь мощности.....	30
<i>Лаевский Д. В.</i> Влияние температуры на силы, действующие в направляющих гидроаппаратах.....	33
<i>Сиз Г. А.</i> Моделирование гидродинамических процессов в скважине при кислотной обработке с помощью кавитационных пульсаторов.....	37
<i>Петоченко М. И., Лаевский Д. В.</i> Изучение величины капельных утечек в малых кольцевых зазорах.....	39
<i>Ляхнович В. А.</i> Анализ влияния частоты вращения ведущего вала клавишных соломотрясов зерноуборочных комбайнов на траекторию свободного полета вороха.....	44
<i>Орешко И. Ю.</i> Исследование физико-механических свойств покрытий из чугуновой борированной дроби.....	48
<i>Рюмцев А. А.</i> Модернизация механизма нагружения для увеличения достоверности результатов трибологических испытаний.....	50
<i>Лупеев Ф. А.</i> Анализ скоростных характеристик клавишного соломотряса с целью повышения эффективности очистки зерна.....	53
<i>Жевжик М. В.</i> Модернизация технологического тракта самоходного измельчителя КВК-800.....	56
<i>Печенев А. В.</i> Многокритериальная оптимизация двухступенчатого коническо-цилиндрического редуктора.....	59
<i>Гордиюк А. А.</i> Анализ нагруженности ступицы бортового редуктора на примере шасси зерноуборочного комбайна КЗС-1218.....	63
<i>Куренков Н. Н., Лавренко Я. И.</i> Влияние статической и динамической неуравновешенности центрифуги с учетом гироскопического эффекта.....	66
<i>Меркулова О. И.</i> Двигатель внутреннего сгорания.....	70

<i>Харламов В. Н.</i> Анализ напряженно-деформированного состояния токарной наладки для станка с ЧПУ	73
<i>Тетерич Н. Э.</i> Анализ надежности системы инструментообеспечения станков с ЧПУ	76
<i>Рыбакова А. В.</i> Сравнительный анализ «легких САПР» для подготовки конструкторско-технологической документации в машиностроении	79

Секция II. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

<i>Осипова И. Ю., Копкин Г. Д., Курочкин А. А.</i> Исследование оптических и электрофизических свойств золь-гель пленок на основе оксида цинка	83
<i>Урецкая О. В., Дробышевская Н. Е., Подденежный Е. Н., Добродей А. О.</i> Люминофорные покрытия для светодиодных осветительных приборов на основе смеси порошков YAG:Ce и Y ₂ O ₃ :Eu, полученных методом горения	86
<i>Радькин Я. И.</i> Исследование процесса раскатки гильз на трехвалковом непрерывном раскатном стане с применением систем численного моделирования	90
<i>Мартьянов Ю. В.</i> Разработка способов повышения прямолинейности металлокорда	93
<i>Прач С. И.</i> Исследование возможности использования напорных волок в волоочильных станах тонкого волочения	96
<i>Шматок Е. В.</i> Особенности физико-механических свойств ферромагнитного сплава Ni ₂ MnGa с эффектом запоминания формы	100
<i>Товстелева А. И.</i> Исследование различных факторов, влияющих на окалинообразование и потери металла на угар при нагреве	102
<i>Рожкова О. В.</i> Исследование влияния технологических факторов на образование дефекта «продир» при производстве бесшовных труб	105
<i>Крижевский И. М., Яньшин М. Д.</i> Структура и механические свойства покрытий на основе самофлюсующихся порошковых систем газопламенным напылением	108
<i>Фроленков А. С.</i> Исследование функциональных характеристик композиционных материалов антифрикционного назначения на основе полиамида	111
<i>Ковалевич М. А., Курочкин А. А., Копкин Г. Д.</i> Золь-гель метод получения фотокаталитических наноструктурированных материалов на основе диоксида циркония для очистки воздуха и воды	115
<i>Белая М. А., Шеменкова А. Л., Лустенков П. В.</i> Применение комплексного воздействия тлеющего разряда и постоянного магнитного поля для повышения эксплуатационных характеристик материалов	118
<i>Герасимович В. А., Аржанов А. О., Подольский В. П.</i> Упрочнение изделий тлеющим разрядом	121
<i>Омелюсик А. В.</i> Армирование легкосплавных валов углеродными волокнами	122
<i>Сахвон А. С., Чос С. В.</i> Силовые параметры процесса плакирования прошивкой	126
<i>Заяц Е. В., Буслов М. М.</i> Автоматизированное проектирование технологических процессов в САПР ТП Вертикаль	129

Сикорская А. Н. Методика автоматизированного проектирования упаковки из картона	132
Влашевич В. В. Напряженно-деформируемое состояние, обусловленное динамическим нанодвойником в условиях электропластического эффекта.....	135
Кацора И. П. К вопросу контактного изнашивания инструментальных сталей У8А и 9ХС	138
Поздняков Е. П. Особенности структурообразования поверхностно упрочненных слоев экономнолегированной стали 40Х	141
Аникеева М. В. Повышение физико-механических и триботехнических свойств сталей пониженной прокаливаемости	144
Верещагина Л. С. Модернизация геометрии тяжело нагруженных холодновысадочных матриц на основе оценки их напряженно-деформированного состояния	147
Ковалев В. Н. Повышение износостойкости рабочего инструмента прошивного стана	150
Руденко Д. Е. Разработка кантующих калибров для использования в сортовой прокатке	154
Старков Н. В. Разработка методики расчета калибровки валков для производства арматурных профилей слиттинг-процессом на мелкосортных непрерывных станах	158

Секция III. ЭНЕРГЕТИКА

Попичев В. В. Математическая модель тепловых процессов асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором	161
Беляй А. Н. Расчетно-справочная система для повышения эффективности систем электроснабжения предприятий.....	164
Гуз А. Ю. Программа для ПЭВМ выравнивания графиков электрических нагрузок промышленных предприятий	166
Короленок Т. С., Галушко В. Н., Дробов А. В. Моделирование механических, магнитных, электрических характеристик вентильно-индукторных двигателей....	168
Винокур О. С. Определение рациональных напряжений на низкой стороне цеховых трансформаторных подстанций.....	171
Засименко А. В. Использование сумеречной фотометрии в расчетах освещения	175
Странковский А. Ю. Теплоутилизационная турбогенераторная энергетическая установка с пентановым циклом.....	178
Воробьев С. В. Разработка методики проведения комплекса лабораторных работ и обработка опытных данных на лабораторном стенде «Энергосберегающие технологии. Теплоснабжение с микропроцессорной системой обработки данных»	181
Никулина Т. Н. Испытательный стенд и методика обработки опытных данных для получения теплотехнических характеристик теплообменного оборудования....	184
Макеев А. А., Кирилук И. Г. Расчет электростатического поля осесимметричного проводящего тела, расположенного над поверхностью земли, методом эквивалентных электродов.....	187

<i>Трошев Д. С.</i> Оценка эффективности установки рекуператоров теплоты и теплонасосных установок для утилизации теплоты вентвыбросов	191
<i>Судибор В. В.</i> Проблемы экранирования контрольных кабелей.....	195
<i>Мороз В. А.</i> Перспективы использования турбостанций в качестве источника энергии на пунктах понижения давления газа	198
<i>Якимов Е. А.</i> Влияние электрической сети на современные источники света.....	201
<i>Родин А. В.</i> Экспериментальный стенд для получения характеристик пародинамического термосифона.....	204
<i>Якимченко В. Г.</i> Влияние внутренних характеристик процесса кипения и режимных параметров на интенсивность теплообмена при парообразовании озонобезопасных хладагентов	207
<i>Степанишина Ю. А.</i> Интенсификация теплообмена при конденсации на вертикальных продольно-ребреных трубах в низкотемпературных установках.....	210
<i>Киселевич Р. Б.</i> Разработка программы для расчета разомкнутых электрических осветительных сетей по потере напряжения	214
<i>Пасканый А. Я.</i> Разработка программы для выбора мощности компенсирующих устройств промышленных предприятий.....	218
<i>Киреенко С. А.</i> Повышение эффективности работы системы технического водоснабжения Гомельской ТЭЦ-2	221
<i>Мороз А. А., Бектимиров Р. И.</i> Автоматизация расчета теплового сопротивления кабеля	224
<i>Нижников А. А.</i> Повышение эффективности теплонасосных установок	227
<i>Барзыкин В. О.</i> Оценка работоспособности электрических систем с учетом изменяющихся условий эксплуатации	230
<i>Прусаков С. Л.</i> Анализ небаланса системных подстанций напряжением 6–10 кВ	232

Секция IV. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

<i>Вишнеревский В. Т., Стасенко И. С., Корнеев А. А.</i> Натурное моделирование электромеханических систем с распределенными параметрами с применением микропроцессорных систем управления	235
<i>Михалевич Д. П.</i> Измеритель токов утечки для электротранспорта.....	238
<i>Наумук А. А., Сахарук А. В., Болденко С. В.</i> Экспериментальное подтверждение математической модели прохождения сигнала через среды «стенка трубы – почва – воздух»	241
<i>Сталбоў М. В.</i> Параўнальны аналіз метадаў герметызацыі нафтаправодаў	244
<i>Коржов А. А.</i> Модель комплектного электропривода постоянного тока в среде Multisim	246
<i>Лукашов В. М.</i> Экспериментальное исследование импульсного метода в вихретоковой дефектоскопии	247
<i>Потапов П. Г., Лапицкий В. Л.</i> Особенности противопаводковых мероприятий, организация гидростов и пути ее усовершенствования	250
<i>Мельнікаў А. В.</i> Сістэма маніторынгу ахоўнага патэнцыялу на трубаправодзе з перадачай інфармацыі па GSM-канале.....	254

Карпов А. В. Экспериментальное определение параметров намагничивающего контура пропорционального магнита.....	258
Черехухин В. А. Блок управления пропорциональными магнитами с комбинированной обратной связью.....	261
Ильющиц Е. А. Система дистанционного контроля микроклимата.....	264
Кочешов Е. В. Помехозащищенный преобразователь для емкостных датчиков	266
Ларьков И. В. Разработка системы сбора данных с передачей информации по радиоканалу	270
Головко В. Н. Стенд для исследования электрогидравлических распределителей	273
Попов В. Н. Применение цифрового эллиптического фильтра для приемной части внутритрубного герметизатора.....	276
Прядко Ю. В. Цифровая система управления преобразователем напряжения	279
Романовский А. С. Применение инерционной навигационной системы в качестве одометра контрольно-диагностического снаряда.....	283
Марков М. Г. Анализ реальной пропускной способности промышленных сетей и протоколов передачи данных.....	286

Секция V. ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА И ПРОМЫШЛЕННАЯ ПОЛИТИКА

Попов Д. С. Развитие внешнеторговой деятельности легкой промышленности Республики Беларусь и снижение импортзатратности отрасли.....	290
Евсеев Н. В. Внутренний аудит системы менеджмента качества на машиностроительных предприятиях	293
Волкова Ю. А. Теоретические подходы к трактовке сущности вертикальных взаимодействий организаций	295
Степаненко Е. С. Состояние и перспективы привлечения прямых иностранных инвестиций в Республике Беларусь согласно мировым инвестиционным рейтингам	298
Курбиева И. Ю. Рост производительности труда как стратегическая задача экономики Республики Беларусь	301
Борисенко Е. И. Экономическая целесообразность перевода транспортного хозяйства ОАО «ГЗЛиН» на аутсорсинг	305
Силивончик А. Н. Проблема регулирования инвестиционной активности в Республике Беларусь	308
Евменов Д. С. Оценка и пути увеличения денежных доходов населения Республики Беларусь.....	311
Дербеева В. О. Реальная заработная плата как показатель уровня жизни населения.....	314
Дранеза А. А. Логистический подход к управлению материальными потоками на белорусских предприятиях	317
Губкина И. В., Дудянова Т. А. Теоретико-методические особенности оценки уровня риска инвестиционных проектов	320
Курачева-Карповская А. Ю. Внедрение бюро аудита качества для совершенствования деятельности предприятий машиностроения в области качества (на примере ОАО «Гидропривод»).....	323

<i>Яковлев Д. В.</i> Совершенствование управления денежными потоками на предприятии (на примере РУП «Гомельский завод «Гидропривод»).....	326
<i>Мельникова Т. А.</i> Теория человеческого капитала: периодизация, развитие предмета исследования.....	329

Секция VI. КОРПОРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

<i>Тацевич М. В.</i> Анализ инновационного потенциала машиностроительных предприятий Республики Беларусь	331
<i>Довгялло М. В.</i> Необходимость применения информационных технологий в системе обеспечения качества продукции.....	334
<i>Яшин Я. В.</i> Сущность и потенциал продвижения товаров и услуг в социальных сетях.....	337
<i>Марсова А. А.</i> Особенности организации складских помещений при хранении различных категорий товаров.....	340
<i>Коваль Я. С.</i> Проблемы и перспективы организации транспортного хозяйства на промышленных предприятиях	343
<i>Полей А. Н.</i> Особенности и перспективы кредитования малого и среднего бизнеса в Республике Беларусь.....	346
<i>Емельянченко Я. В.</i> Мировые лидеры инновационного развития.....	349
<i>Свиштунова А. С.</i> Современная платежная система Республики Беларусь.....	352
<i>Беланов Р. Н.</i> Ключевые показатели эффективности – инновационный инструмент управления на предприятии	355
<i>Отчик В. В.</i> Инновационная деятельность предприятия и пути ее активизации.....	358
<i>Бойко Т. В.</i> Модель коммуникативной компетентности специалиста.....	361
<i>Куцаренко Н. В.</i> Использование интернет-пространства для развития региональной газеты: отечественный и зарубежный опыт.....	363

Секция VII. ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

<i>Щукина Л. В.</i> Эволюция подходов к формированию международных систем индикаторов устойчивого развития стран	367
<i>Марцинкевич С. И., Дрыго К. В.</i> К вопросу кадастровой оценки земель, расположенных за пределами населенных пунктов, садоводческих товариществ и дачных кооперативов.....	370
<i>Новикова Д. А., Сидорова М. С.</i> Анализ нарушений земельного законодательства, выявленных на территории Брестской области	373
<i>Мандрик И. С.</i> Экологические аспекты устойчивого развития сельских регионов Гомельской области	377
<i>Липская В. К.</i> Стадия маркетинговых исследований при формировании конкурентоспособности производства зерноуборочной техники.....	380
<i>Засименко А. В., Мороз В. А.</i> Применение тригенерационной биогазовой установки, работающей на отходах мясопереработки (на примере ОАО «Калинковичский мясокомбинат»).....	384
<i>Иванова В. С.</i> Методический подход к оценке конкурентных преимуществ предприятий лесопромышленного комплекса	387

<i>Смолякова И. И.</i> Нормативно-правовое обеспечение формирования и использования производственного потенциала в сельском хозяйстве	391
<i>Фесенко К. С.</i> Оценка влияния организаций различных организационно-правовых форм хозяйствования на формирование основных параметров продовольственной безопасности.	394
<i>Живица М. В.</i> Особенности логистической деятельности в сельскохозяйственных организациях	397
<i>Семуткина Н. В.</i> Организация эффективного менеджмента на основе международного стандарта ISO 9004:2009	400
<i>Константинова Д. А.</i> MOOCs как новый подход к организации образовательного процесса.....	402
<i>Демидовец А. В.</i> Внешнеэкономическая деятельность как основа бизнеса	405
<i>Жевняк А. Н.</i> Сбытовая политика предприятия как основа его деятельности	408

Секция VIII. МАРКЕТИНГ

<i>Каюкова О. С.</i> Анализ эффективности маркетинговой стратегии промышленного предприятия	412
<i>Хвизько Е. К.</i> Совершенствование ценовой политики предприятия на внешних рынках (на примере «УКХ «Бобруйскагромаш».....	415
<i>Судилина Ю. А.</i> Разработка экскурсионного тура по музеям Гомельской области	418
<i>Топчевская Е. Ф.</i> Снижение себестоимости производимой продукции как фактор повышения конкурентоспособности на ОАО «Светлогорский ЦКК».....	421
<i>Матлаш В. В.</i> Особенности реализации стратегии распределения на примере ОАО «Речицкий метизный завод»	424
<i>Кравцова Н. С.</i> Тенденции развития тепличной отрасли в Республике Беларусь	427
<i>Верхуша Е. А.</i> Перспективы развития событийного туризма в Республике Беларусь	430
<i>Янченко М. С.</i> Состояние конкуренции на рынке молочной продукции в Республике Беларусь	433
<i>Гончар М. В.</i> Особенности SMM предприятий Беларуси.....	436
<i>Богданович Т. С.</i> Бенчмаркинг как инструмент управления предприятием.....	439
<i>Старотиторова Ю. А.</i> Совершенствование логистического сервиса ОАО «Гомельстекло» на рынке Российской Федерации	443
<i>Кличковская А. А.</i> Маркетинговый подход к выбору эффективного рынка сбыта готовой продукции на примере РУП «ГЛВЗ»	445
<i>Полякова Ю. В.</i> Совершенствование ассортимента выпускаемой продукции за счет выпуска нового вида продукции (на примере ОАО «Гомельская фабрика «Прогресс»).....	448

Секция IX. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

<i>Храбров Д. Е.</i> Методика позиционирования внутри помещения на основании существующей университетской WiFi-сети	452
---	-----

Жердецкий Ю. В., Бужан М. А., Зайцев Е. В. Оценка риска кредитной деятельности банковских систем с помощью вероятностно-алгебраического моделирования.....	455
Воскресенский В. В. Автоматизация проектирования подземного оборудования для эксплуатации нефтяных скважин	458
Козак А. В. Совершенствование учета трудовых ресурсов в ОАО «Гастелловское» с использованием «1С: Зарботная плата и управление персоналом»	461
Терехов А. Ю. Формализация бизнес-процессов на основе модели конечных автоматов.....	464
Пискун Е. А. Программное средство оптимизации размещения оборудования на поточной линии	467
Балич Е. В. Сравнительный анализ функционирования среды моделирования MatLAB и Mathcad	470
Шкурин К. М., Громыко И. Л., Чарушников А. Д. Использование математических методов в решении олимпиадных и исследовательских задачах (железнодорожный транспорт)	473
Макусев В. В. Автоматизация расчета параметров процесса волочения	477

Секция X. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, НАДЕЖНОСТЬ И ДИАГНОСТИКА ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ

Кизева В. С. Область применения и экспериментальные исследования электрических и светотехнических характеристик светильников для наружного и внутрицехового освещения	479
Матьякубов А. А. Экспериментальные исследования и расчет эффективности применения солнечной батареи в условиях Республики Беларусь	482
Бортневская С. А. Обработка результатов измерений показателей качества электроэнергии с помощью программы «Анализатор ПКЭ»	485
Савкова Т. Н. Оптимизация режима работы макета светотехнического устройства на основе мощных светодиодов.....	488
Алферов А. А. Степень исследования влияния высших гармоник на элементы кабельных линий промышленных предприятий	491
Алферова О. А. Влияние инверторных источников питания сварочной дуги на систему электроснабжения промышленных предприятий	494
Балыко Д. С. Компьютерная программа для анализа нестационарных тепловых процессов электрооборудования с помощью тепловизора	498
Сацюк Д. Э. Использование на воздушных линиях 10 кВ покрытых проводов для повышения надежности сельских распределительных сетей	501
Комаха И. В., Ярмолич А. В., Богданович К. А. Определение энергоэффективности асинхронных электроприводов производственных механизмов.....	504
Ковалев Д. М. Компьютерная программа для анализа нагрузочной способности силовых трансформаторов	507

СЕКЦИЯ I МАШИНОСТРОЕНИЕ

ВЛИЯНИЕ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СФЕРИЧЕСКИХ ПОДЛОЖЕК

С. Ю. Котов, А. П. Липский

Учреждение образования «Белорусский национальный
технический университет», г. Минск

Научный руководитель Г. Я. Беляев

Введение

Повышение долговечности подшипников качения – важнейшая задача для народного хозяйства, решение которой позволит повысить производительность машин, их качественные характеристики, обеспечить экономию материальных ресурсов и сократить время простоев оборудования.

Наличие трещин различного происхождения, пор, дислокаций, включений прокатной окалины и других дефектов на рабочих поверхностях является основной причиной образования особого вида коррозии в виде язв и открытых полостей, получившей название *питтинга* (от англ. *pit* – покрываться ямками). Особенностью питтинговой коррозии подшипников качения является повышенные шумо- и виброактивность, особенно ярко проявляющиеся при работе на повышенных скоростных режимах в результате смещения геометрического центра элементов качения от их центра масс и сопровождающиеся повышенным износом контактирующих поверхностей и преждевременным выходом подшипников из строя [1].

Одним из наиболее перспективных путей повышения долговечности деталей узлов трения является нанесение на поверхности тел качения покрытий из тугоплавких соединений, которые уменьшают трение и износ контактирующих поверхностей, а также служат диффузионным барьером, препятствующим схватыванию контактирующих тел при высоких контактных нагрузках [2], [3].

Методы исследования

Для выявления влияния процесса вакуумно-плазменного упрочнения тел качения на их геометрические характеристики был исследован процесс нанесения покрытия TiN толщиной 3 мкм на партию шариков номинального диаметра $d = 11,509$ мм однорядного радиального подшипника серии 6305. Материал шаров – ШХ15, твердость 62...64 HRC. Количество шариков в партии – 100 шт. Для определения точностных характеристик шаров согласно ГОСТ 3722–81 были исследованы следующие показатели отклонения от круглости: овальность, гранность, разноразмерность, а также волнистость и шероховатость.

Для определения величины отклонения от круглости и разноразмерности шаров производили измерения диаметров кругломером Roundtest-114. Овальность шаров исследовалась последовательным измерением диаметров шаров через каждые 45° в трех взаимноперпендикулярных плоскостях, огранка – через 120° . Измерение волнистости выполняли на приборе Talugond-73. Измерение шероховатости выполняли на приборе Taly-Surf. Перед нанесением покрытия шарики были обезжирены бензином «Калоша» ГОСТ 443–76 и техническим этиловым спиртом ГОСТ 17299–78. Напыление производили на вакуумно-дуговой установке УРМЗ.279.048 (ОНИ–6–008).

В качестве приспособления использовали устройство для нанесения покрытий в вакууме на сферические подложки.

Поверхность шаров перед нанесением напыления для очищения от остатков органических загрязнений и окисных пленок подвергали ионной бомбардировке ионами титана. После нее наносили промежуточный подслои титана для повышения прочности сцепления покрытия с основой и формирования диффузионного барьера между ними. Затем в вакуумную камеру напускался азот повышенной степени очистки и происходило непосредственное формирование покрытия из нитрида титана. Технологические параметры процесса напыления: ток дуги $I_d = 90$ А, величина опорного напряжения $U = 150$ В, ток фокусирующей катушки $I_f = 1$ А, давление реакционного газа $P = 2,5 \cdot 10^{-1}$ Па. Время нанесения покрытия выбиралось из соображений формирования покрытия толщиной $h = 3$ мкм. Частота вращения стола приспособления $n = 4$ мин⁻¹.

Сравнительные данные по результатам измерений

Измерение шероховатости и отклонений от круглости шаров до и после нанесения напыления (с учетом его толщины) представлены в виде диаграмм на рис. 1–4.

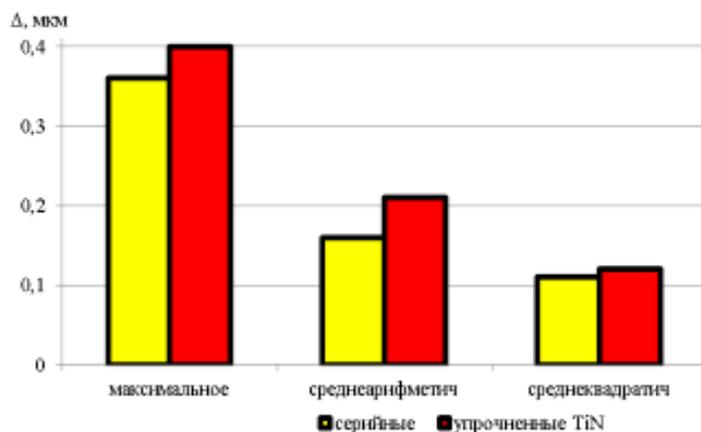


Рис. 1. Сравнительная диаграмма отклонений формы шаров до и после процесса нанесения вакуумно-плазменного покрытия

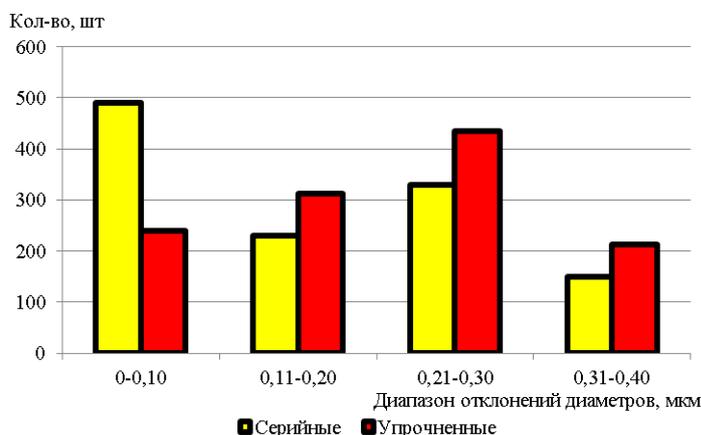


Рис. 2. Диаграмма частоты отклонения диаметров шаров от номинала перед и после процесса нанесения вакуумно-плазменного покрытия

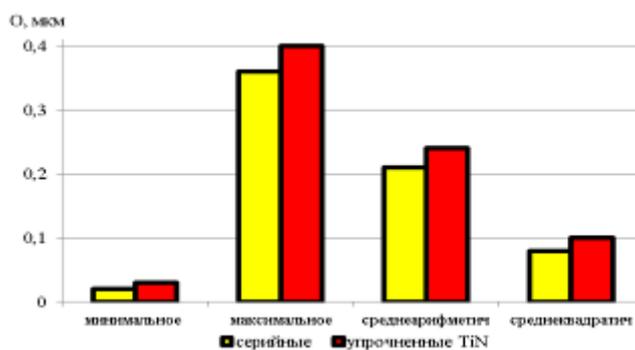


Рис. 3. Сравнительная диаграмма величины овальности шаров перед и после процесса нанесения вакуумно-плазменного покрытия

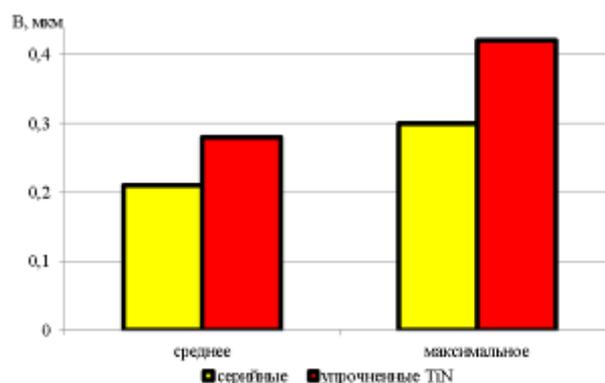


Рис. 4. Сравнительная диаграмма изменения показателей волнистости поверхности элементов качения до и после процесса нанесения вакуумно-плазменного покрытия

Выводы

1. Процесс вакуумно-плазменного упрочнения тел качения подшипников нитридом титана несколько ухудшает геометрические характеристики поверхности: незначительно влияет на погрешность формы, овальность, гранность, разноразмерность и, в большей степени, на показатели средней и максимальной волнистости шаров. Это можно объяснить отсутствием достаточной равномерности принудительного многоосевого вращения шаров в процессе напыления. Однако следует отметить, что в рассмотренном примере тела качения до и после упрочнения по всем показателям соответствуют шарам подшипников качения 1-го класса точности.

2. Среднеарифметическое отклонение профиля Ra упрочненных шаров по сравнению с изначальной увеличился с 0,4 до 0,5 мкм, что можно объяснить наличием капельной фазы в потоке расплавленного металла и спецификой процесса получения покрытия. Уменьшение капельной фазы возможно при применении сепараторов различной конструкции, наличие которых в стандартной комплектации установок вакуумно-плазменного напыления не предусмотрено.

Литература

1. Спицын, Н. А. Подшипники качения : справ. пособие / Н. А. Спицын [и др.] ; под общ. ред. Н. Ю. Благосклонова. – М. : Машгиз, 1961. – 828 с.

2. Друянов, Б. А. Исследование скольжения сферы по пластически деформируемому полупространству / Б. А. Друянов, Н. М. Михин // Склерометрия. – 1968. – № 1. – С. 68–74.
3. Дунин-Барковский, И. В. Измерение и анализ шероховатости, волнистости и некруглости поверхности / И. В. Дунин-Барковский, А. Н. Карташова. – М. : Машиностроение, 1978. – 232 с.

ОБОСНОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ СВЕРХПРОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

А. Н. Томашевский, Р. П. Федоров

Учреждение образования «Белорусский национальный технический университет», г. Минск

Научный руководитель С. А. Федотова

Республиканское унитарное предприятие «Производственное объединение «Гранит» – крупнейшее в Европе предприятие по производству нерудных строительных материалов. Оно занимает на рынке щебня Республики Беларусь доминирующее положение с долей реализации на внутреннем рынке более 85 %. Сырьевой базой предприятия является месторождение строительного камня «Микашевичи», расположенное в 500 м к западу от г. Микашевичи Лунинецкого района Брестской области. Полезное ископаемое представлено тремя разновидностями пород: диоритами, гранодиоритами и гранитами. Породы, являющиеся полезным ископаемым, приурочены как к зоне свежих пород, так и к зоне пород, затронутых выветриванием. Породы, затронутые выветриванием, имеют несколько повышенное, по сравнению со свежими породами, водопоглощение и несколько пониженную прочность при одноосном сжатии в водонасыщенном состоянии. Прочность породы на сжатие в водонасыщенном состоянии составляет 75–184 МПа. Свежие породы имеют предел прочности при одноосном сжатии в водонасыщенном состоянии 83–284 МПа.

Производительность завода по переработке взорванной горной массы определяется производительностью головной щековой дробилки. На существующем производстве используются дробилки щековые с простым движением щеки. Это довольно надежная дробильная машина, но при дроблении пород с $\sigma_{сж} > 250$ МПа некоторые узлы дробилки не выдерживают больших нагрузок. Напряжения, возникающие в их деталях, превышают предельно допустимые значения, после чего механизм или деталь выходят из строя, что приводит к простоям машины из-за ремонта. К таким узлам относится узел шатунных подшипников главного вала дробилки и сам шатун.

Подшипниковый узел коренного подшипника главного вала включает в себя двурядный радиальный сферический подшипник, корпус и крышку, исполняющую роль корпуса манжетного уплотнения. Двурядный радиальный сферический подшипник с цилиндрическим посадочным отверстием предназначен для восприятия тяжелых радиальных нагрузок и устанавливается непосредственной на вал.

Определим долговечность коренных подшипников главного вала. В формуле для расчета долговечности используется эквивалентная нагрузка. Чтобы ее определить, рассмотрим силы, действующие на шатунные подшипники главного вала.

На шатунные подшипники действуют следующие силы:

– $G_{шт}$ – вес шатуна – 120 кН;

– $P_{расч}$ – усилие, действующее на вал со стороны шатуна.

Главный вал имеет эксцентриситет 42 мм (r), поэтому шатун при вращении вала может перемещаться по вертикали на высоту, равную двум эксцентриситетам ($h = 2r$).

В шатуне возникает растягивающее усилие P_t , изменяющееся по линейному закону от нуля до P_{\max} .

Исходным параметром для определения P_t является мощность приводного двигателя. При этом работа приводного двигателя, совершаемая за один оборот главного вала, должна равняться работе, совершаемой за это время шатуном. При мощности приводного двигателя $N = 250$ кВт и числе оборотов главного вала $n = 125$ об./мин наибольшее усилие в шатуне за один оборот приводного вала равно:

$$P_{\max} = \frac{30N}{\pi nr} = \frac{30 \cdot 250 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 125 \cdot 42 \cdot 10^{-3}} = 455 \cdot 10^3 \text{ Н} = 455 \text{ кН}.$$

Практика эксплуатации дробилки показывает, что из-за ударного характера нагрузки и возможности попадания в дробилку недробимых предметов величина расчетного усилия для шатуна должна быть увеличена в три-четыре раза по сравнению с P_{\max} , т. е. $P_{\text{расч}} = 1820$ кН.

Для определения реакций подшипниковых опор необходимо суммировать вес шатуна и расчетное усилие. С учетом распределения нагрузки на два подшипника радиальная нагрузка на каждый из них составит 970 кН.

Рассчитаем эквивалентную динамическую радиальную нагрузку для радиальных сферических подшипников по формуле

$$R_{\text{эkv}} = (XVR_z + YF_a)k_t k_\sigma,$$

где $V = 1$ – коэффициент вращения внутреннего кольца подшипника; k_σ – коэффициент безопасности, учитывающий влияние характера нагрузки на долговечность подшипника ($k_\sigma = 1,3$); k_t – коэффициент, учитывающий влияние температуры подшипника (при $t = 100$ °С, $k_t = 1,0$); X и Y – коэффициенты радиальной и осевой нагрузок (для двурядных сферических подшипников $X = 1,0$ и $Y = 0,42 \text{ctg } \alpha$).

Таким образом:

$$R_{\text{эkv}} = (1,0 \cdot 1,0 \cdot 970 + 0,42 \text{ctg } \alpha \cdot 0)1,0 \cdot 1,3 = 1260 \text{ кН}.$$

Определяем расчетную долговечность подшипника серии 30-30031/600X:

$$L_h = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{R_{\text{эkv}}} \right)^{\frac{10}{3}},$$

где n – число оборотов главного вала ($n = 125$ об./мин); C – динамическая грузоподъемность подшипника ($C = 5700$ кН).

Таким образом:

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 125} \left(\frac{5700}{1260} \right)^{\frac{10}{3}} = 20300 \text{ ч}.$$

Долговечность $L_h = 20300$ ч – 2,45 года при круглосуточной работе и дроблении горных пород с $\sigma_{сж} \leq 250$ МПа, но для гранитов с $\sigma_{сж} > 250$ МПа эта цифра может быть значительно ниже.

Немаловажное значение в оценке работоспособности подшипникового узла имеет его ремонтпригодность, т. е. возможность проведения ремонта качественно, в сжатые сроки и без повреждения посадочных поверхностей. Для монтажа и демонтажа подшипников с цилиндрическим отверстием необходимы специальные механические или гидравлические инструменты либо нагреватели. Большие габаритные размеры применяемого подшипника не позволяют использовать специализированные съемники или редуцированные нагреватели для надежного демонтажа вышедшего из строя подшипника. Демонтаж производится, как правило, с применением «открытого» пламени для нагрева внутренней обоймы подшипника, либо нарушается целостность внутренней обоймы (разрезается), что зачастую приводит к повреждению посадочной поверхности вала. Следовательно, одна–две замены шатунных подшипников приводят к выбраковке главного вала щековой дробилки, соответственно к длительному простоя дробилки в ремонте, к дополнительным материальным затратам, к простоям технологического оборудования и потерям в процессе выпуска продукции. Таким образом, для увеличения продолжительности работы щековой дробилки необходимо повысить долговечность подшипникового узла шатунных подшипников.

Повышение долговечности подшипникового узла можно осуществить путем замены подшипника на подшипник более тяжелой серии. Примем к установке подшипник серии 30037/600Г и проверим его долговечность. Динамическая грузоподъемность подшипника составляет 8542 кН. Тогда долговечность подшипника

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 125} \left(\frac{8542}{1260} \right)^{\frac{10}{3}} = 83125 \text{ ч.}$$

Долговечность $L_h = 83125$ ч = 10 лет, что значительно превосходит работоспособность подшипника серии 30-30031/600Х.

Вторым элементом, призванным увеличить ресурс дробилки, является замена манжетных уплотнений подшипниковых узлов лабиринтными. Манжетные уплотнения относятся к уплотнениям контактного типа. Их достоинством является достижение почти абсолютной герметизации, этим практически исключается возможность утечки смазочного материала. Недостатки контактных уплотнений обусловлены трением и износом контактирующих элементов в процессе относительного скольжения. Решение о замене манжеты принимается при осмотре узла по результатам замера изношенной рабочей кромки. Осуществить осмотр и тем более замер кромок манжет, установленных на валу дробилки, без его разбора не представляется возможным. При выходе из строя манжетного уплотнения замена его влечет за собой достаточно продолжительный простой дробилки, поскольку необходим демонтаж шкива, маховика и других деталей главного вала. Манжеты, применяемые в щековой дробилке, не стандартизированы. Их необходимо изготавливать по чертежам, утвержденным в установленном порядке, по специальному заказу, что приводит к удорожанию стоимости манжеты и, соответственно, удорожанию ремонта. А невозможность срочного изготовления манжет или отсутствие в запасе необходимого количества манжет может привести к длительному простоя дробилки в ремонте. Среда, в которой эксплуатируется манжетное уплотнение, также оказывает большое

влияние на его долговечность. Наличие мелких твердых частиц абразивного характера, присутствующих в воздухе, вызывает значительное снижение срока службы уплотнения. Исходя из вышеизложенного, можно предложить заменить манжетные уплотнения главного вала на статические лабиринтные уплотнения, относящиеся к типу бесконтактных уплотнений. Достоинством бесконтактных уплотнений по сравнению с контактными является отсутствие трения и износа в соединении, что определяет минимальные энергетические затраты и практически неограниченную долговечность уплотнительных устройств, созданных на базе уплотнений этого вида.

Радиальные лабиринтные уплотнения надежно защищают подшипники от попадания пыли, грязи и влаги из внешней среды. Эффективность статических лабиринтных уплотнений определяется только геометрическими параметрами (формой и размерами) зазора в соединении. Затраты на эксплуатацию сводятся к обеспечению подачи смазки в подшипниковый узел.

В исходной щековой дробилке шатун состоит из двух частей: корпуса и крышки. Части соединяются между собой при помощи 12 болтов М90. При дроблении горных пород с $\sigma_{сж} > 250$ МПа часто происходит разрыв болтов, что приводит к неплановым остановке и ремонту дробилки. Для предотвращения поломок шатуна предлагается изготавливать его неразъемным. В связи с этим для возможности сборки главного вала одна из шатунных втулок выполняется без бурта и фиксируется полукольцами.

Таким образом, замена шатунного подшипника серии 30-30031/600Х на подшипник серии 30037/600Г, а также замена манжетных уплотнений подшипниковых узлов на лабиринтные уплотнения и неразъемный шатун позволяет увеличить межремонтный цикл щековой дробилки, повысить эффективность использования оборудования.

Изменение конструкции дробилки отразится и на экономических показателях производства. Целесообразность замены подшипников и уплотнений подшипниковых узлов главного вала предлагается оценить по показателю чистого дисконтированного дохода (ЧДД). Его величина составила 97,55 млн р. в расчете на одну дробилку. Срок окупаемости инвестиций составил 3,8 лет.

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЦЕНТРОБЕЖНО-УДАРНЫХ ДРОБИЛОК НА ОСНОВЕ БАЛАНСА МОЩНОСТИ

В. В. Мулярчик, А. П. Чеботаренок

Учреждение образования «Белорусский национальный технический университет», г. Минск

Научный руководитель С. А. Федотова

Центробежно-ударная дробилка (ЦУД) предназначена для мелкого дробления рудных и нерудных материалов любой крепости и прочности путем их удара о неподвижную массивную преграду. Относится к дробилкам мелкого дробления, принимающим материал исходной крупностью до 180 мм. Принцип действия центробежно-ударной дробилки основывается на разгоне в поле действия центробежных сил кусков материала в ускорителе и их вылете в камеру измельчения с большой скоростью, существенно превышающей критическую скорость разрушения материала, где происходит удар разогнанных кусков о куски материала в карманах камеры измельчения, образующих футеровку дробилки. Основное применение дробилок связано с переработкой горной массы в щебень с низким содержанием лещадных

зерен (до 10 %), так как дробилки используют принцип «свободного удара» (удара «камень о камень»), при котором происходит разрушение кусков на более мелкие, исходя из плоскостей спайности минералов, границ срастания минералов в породе и внутренних трещин. Образующиеся зерна имеют форму, близкую к форме кристаллов, и практически лишены внутренних трещин, т. е. их прочность на сжатие возрастает по отношению к прочности исходных кусков. Так, на технологической линии № 5 РУП ПО «Гранит» (г. Микашевичи, Республика Беларусь) щебень фракции 16–32 мм после третьей стадии дробления направляется в центробежно-ударные дробилки ДЦ-1,6 (2 шт.) для снижения пластинчатости товарных фракций щебня 4–8 и 8–16 мм.

Теоретические основы дробления в такого рода машинах и многие вопросы их практического использования изучены недостаточно. Математические модели движения частиц на разгонном роторе, которые можно было бы использовать для расчета таких параметров, как производительность дробилки и потребляемая мощность, весьма сложны [1]. Построены они с большой долей упрощения реального процесса в камере дробления. Для проектирования технологических линий с применением ЦУД необходима инженерная формула расчета их производительности, получить которую представляется возможным на основе энергетического подхода к рассмотрению процесса дробления.

Под производительностью по открытому циклу (Π) понимают количество материала, пропущенное через дробилку (однократно) независимо от результатов дробления. Она лимитируется мощностью установленного электродвигателя или пропускной способностью вспомогательного оборудования (грохота или конвейеров).

В работе [2] было показано, что мощность, потребляемая центробежной дробилкой, расходуется на преодоление трения в подшипниках и передаче, преодоление сопротивления воздуха и его перемещение (вентиляционный эффект), процессы дробления. Сказанное может быть выражено формулой

$$N = N_x + N_{уд}\Pi, \quad (1)$$

где N – суммарная мощность, расходуемая дробилкой, кВт, N_x – мощность, расходуемая на холостой ход дробилки, $N_{уд}$ – мощность, расходуемая на процессы дробления при производительности 1 т/ч, Π – производительность дробилки по открытому циклу, т/ч.

Выполненный в этой же работе анализ баланса мощности с учетом экспериментальных данных по дроблению различных материалов с различными разгонными элементами позволил вывести расчетную формулу производительности ЦУД по установленной мощности электродвигателя:

$$\Pi = \frac{N_{уст} - N_x}{\frac{(m_{f=0} V_{ок})^q}{7200}}, \quad (2)$$

где $N_{уст}$ – установленная мощность электродвигателя, кВт; N_x – мощность, расходуемая на холостой ход дробилки, кВт; $m_{f=0}$ – отношение скорости вылета частиц к скорости вращения ротора при коэффициенте трения f материала о металлические лопасти ротора, равном нулю (теоретический случай); $V_{ок}$ – окружная скорость вращения ротора, м/с; q – показатель степени, изменяется от 2 до 2,15.

Дробление материала в ударных дробилках начинается только при сообщении ему энергии определенной величины. При малой величине передаваемой энергии тело не разрушается. Минимальная скорость частицы породы, при которой начинается ее разрушение, называется критической $v_{кр}$ [3]. Она может быть определена из выражения

$$v_{кр} = 1,75 \cdot 10^{-2} \sqrt[3]{\left(\frac{\sigma_p}{\rho d}\right)^2}, \quad (3)$$

где σ_p – предел прочности горной породы при растяжении, Па; ρ – плотность горной породы, кг/м³; d – заданная крупность продукта дробления, м.

Теоретическая скорость вылета (V_v) частиц из ротора с радиальными лопастями (без учета сил трения) в 1,41 раза больше окружной скорости концов лопастей ($V_{ок}$), т. е. $V_v/V_{ок} = m = 1,41$. Фактическая скорость вылета частиц из ротора меньше теоретически возможной, так как трение препятствует передвижению материала по лопасти. Величина f каменных материалов при движении их по металлической лопасти составляет 0,3–0,5. Для криволинейных лопастей, защищенных слоем дробленого материала, было опытным путем установлено соотношение между скоростью вылета частиц и окружной скоростью ротора [2]. Оно в среднем составило 1,1. Именно такие лопасти применяются для дробления абразивных пород. Криволинейная форма способствует образованию защиты лопасти слоем измельчаемого материала.

При расчете производительности ЦУД можно предположить и допустить, что величина $m_{f=0}V_{ок}$ есть необходимая для дробления скорость вылета частиц $v_{кр}$. Мощность, необходимую для холостого хода дробилки, можно измерить опытным путем. Для оценки возможности расчета производительности ЦУД на основе баланса мощности ею можно пренебречь.

Расчет производительности ЦУД выполнен для условий гранулирования гранита на РУП ПО «Гранит». Горная порода имеет следующие характеристики: средняя плотность 2700 кг/м³, предел прочности при сжатии 190–220 МПа, при растяжении – 18,8 МПа. В расчете было принято, что прочность зерен лещадной и игольчатой формы примерно в 6 раз меньше прочности кубовидных зерен. Необходимо, чтобы среди зерен размером 4–16 мм слабых зерен практически не осталось. Тогда

$$v_{кр} = 1,75 \cdot 10^{-2} \sqrt[3]{\left(\frac{3,13 \cdot 10^6}{2700 \cdot 0,004}\right)^2} = 76,6 \text{ м/с},$$

а производительность дробилки в указанных условиях составит:

$$\Pi \approx \frac{160 \div 315}{\frac{76,6^{2,1}}{7200}} = 127,2 \div 250,5 \text{ т/ч}.$$

Расчет, произведенный для условий удаления лещадных и игольчатых зерен из обычной фракции щебня 5–10 мм, дает следующий результат: критическая скорость – 66,1 м/с, производительность дробилки – 173,4÷341,4 т/ч.

Производитель дробилок ДЦ-1,6 НПО «Центр» (г. Минск, Республика Беларусь) указывает в технической характеристике пропускную способность для данного оборудования 150–300 т/ч (см. таблицу). Таким образом, расчетные значения согласуются с данными производителя.

Технические характеристики дробилок

Показатели	Значение			
	ДЦ-0,63	ДЦ-1,0	ДЦ-1,25	ДЦ-1,6
Обозначение	ДЦ-0,63	ДЦ-1,0	ДЦ-1,25	ДЦ-1,6
Пропускная способность, т/ч	5–15	15–60	60–150	150–300
Максимальный линейный размер куска питания, мм	25	40	60	70
Мощность электродвигателя, кВт	22–55	45–132	110–200	160–315

Практическое значение полученных результатов показывает возможность создания инженерной методики расчета производительности ЦУД на основе баланса мощности. Необходимо уточнить затраты энергии на холостой ход дробилки. Они будут зависеть от конструктивных особенностей оборудования и могут быть определены опытным путем. Далее необходимо уточнить связь критической скорости и скорости вылета частиц породы ($m_{f=0}V_{ок}$). Все это позволит получить удобную для практического применения расчетную схему для дробилок, использование которых для дезинтеграции различных горных пород в ближайшее время будет расширяться.

Литература

1. Теоретические основы движения материала на рабочем органе центробежно-ударной дробилки / Н. И. Сокур [и др.] // Вісн. КДПУ імені Михайла Остроградського. – Вып. 1 : Транспорт. Дорожні та будівельні машини. – 2009. – Ч. 1. – С. 85–89.
2. Оскаленко, Г. Н. Исследование дробления и измельчения силикатных и других материалов в центробежной роторной мельнице-дробилке : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Г. Н. Оскаленко ; Днепропетр. хим.-технол. ин-т. – Днепропетровск, 1965. – 14 с.
3. Бауман, В. А. Механическое оборудование предприятий строительных материалов и конструкций / В. А. Бауман, Б. В. Клушанцев, В. Д. Мартынов. – М. : Машиностроение, 1975. – 351 с.

ИЗЫСКАНИЕ СРЕДСТВ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРИВОДА КОЛЕС ШАХТНОГО САМОХОДНОГО ВАГОНА

Э. В. Матусович, Ю. В. Загоровский

Учреждение образования «Белорусский национальный технический университет», г. Минск

Научные руководители: Г. А. Таяновский, Г. А. Басалай

На калийных рудниках для доставки отбитой проходческим комбайном горной массы к конвейерам на расстояния до 200 м используют шахтные самоходные вагоны (рис. 1). Конструктивная масса вагона – около 15 т, грузоподъемность составляет 15–17 т.

Привод колес вагона осуществляется от электродвигателей по бортам, что обуславливает большую динамичность его трогания с места и остановки, а значит и высокую нагруженность приводов колес, дергания вагона на этих режимах движения. Отмеченная специфика характерна также и для новых зарубежных и отечественных моделей самоходных вагонов.

Использование частотного регулирования тяговых электродвигателей не устраняет отмеченной динамики.



Рис. 1. Общий вид шахтного самоходного вагона

Цель работы состоит в обосновании технически реализуемых целесообразных путей улучшения динамики привода колес шахтного самоходного вагона.

Динамические нагрузки в приводе колес и на водителя возрастают с увеличением ускорений вагона при трогании и разгоне, а также при торможении. Поэтому реальный путь снижения таких нагрузок состоит в управлении темпом нарастания крутящего момента, передаваемого от электродвигателя к первичному валу привода колес в начале трогания, и согласования работы электродвигателя и привода при торможении. При этом числовые значения допустимых ускорений самоходного вагона можно принять по аналогии с тягово-транспортными полноприводными колесными низкоскоростными машинами, для которых такие уровни ускорений достаточно исследованы и обоснованы [1], [2].

Технические средства, позволяющие достичь приемлемого по критериям динамической нагрузки и ускорения водителя [2] закона набора скорости вагоном, достаточно разнообразны, однако все требуют дополнительных затрат. Поэтому необходимы исследования эффективности предлагаемых технических решений.

При ограничении продольного ускорения значением a , м/с², [2] и при рабочей скорости вагона v , м/с, целесообразная графическая диаграмма половины цикла движения имеет вид, показанный на рис. 2.

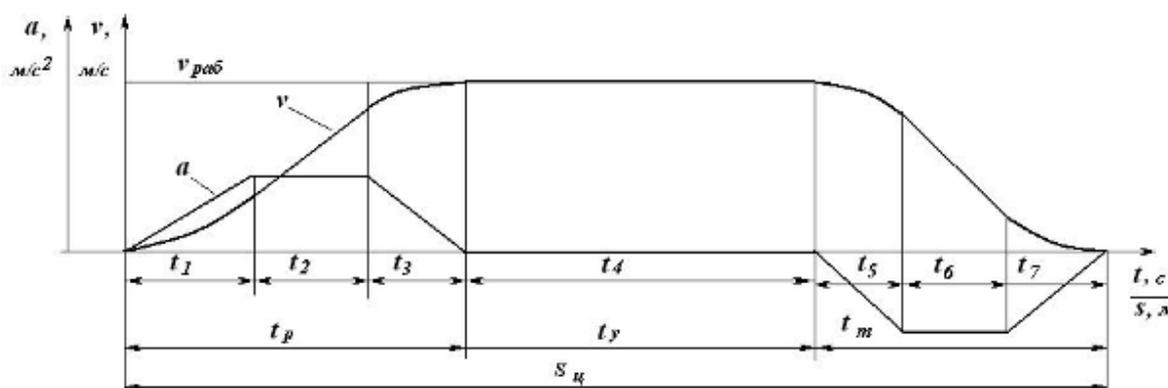


Рис. 2. Изменения ускорения и скорости самоходного вагона

В период трогания с места и разгона (t_p) ускорение вначале растет до значения a , затем остается некоторое время (t_2) постоянным, а далее убывает до нуля (t_3). После чего некоторое время (t_4) вагон движется с установившейся рабочей скоростью v до начала торможения. При торможении ускорение меняет знак, причем также вначале оно растет (t_5), в период t_6 – остается постоянным, а к окончанию торможения (t_7) уменьшается до нуля.

Как следует из наблюдений за нагрузками в приводах колес, их максимальные значения соответствуют периодам t_1 и t_5 (рис. 2), а в периоды t_2 и t_6 они превышают нагрузки, характерные для периодов t_3 , t_4 , t_7 . Следовательно, необходимы такие усовершенствования штатных приводов колес самоходного вагона, которые обеспечат приемлемую динамику нагрузок на привод и допустимые по санитарным нормам уровни продольных колебаний водителя как раз в периоды (t_1-t_3) и (t_5-t_6).

В работе рассмотрены потенциальные возможности нескольких вариантов технических решений, способных обеспечить целесообразный характер динамики движения и нагрузок в трансмиссии самоходного вагона:

- а) использования гидроаккумуляторов;
- б) применения гидродопреобразователей;
- в) использования объемных гидромеханических передач (ОГМП) – так называемых двухпоточных передач;
- г) применения фрикционных управляемых муфт.

Для перечисленных вариантов разработаны принципиальные комбинированные схемы приводов колес вагона. На их основе по методике динамической схематизации приводов машин Е. И. Ривина [1] составлены динамические расчетные схемы с сосредоточенными параметрами перечисленных вариантов приводов колес самоходного вагона. Далее составлены математические описания движения масс расчетных динамических моделей и получены соответствующие системы уравнений динамики. Разрабатываются программные модули для проведения многовариантного параметрического анализа процесса движения каждого варианта вагона. На основе результатов такого анализа (рис. 3) возможен выбор рациональной схемы и параметров привода колес самоходного вагона путем сравнения потенциала эффективности рассмотренных вариантов усовершенствования трансмиссии.



Рис. 3. Структура исследования самоходного вагона

С учетом схемы штатного привода колес исследуемого самоходного вагона и его конструктивно-компоновочного размещения на машине (рис. 1) существенными являются ограничения на габаритные размеры вводимых в трансмиссию дополнительных элементов.

Таким образом, разработана структура научного исследования, проведены информационно-патентные изыскания, разработаны технические предложения различных способов совершенствования привода колес самоходного вагона, отдельные инструментальные средства прикладного исследования с целью последующего выбора рациональной схемы и параметров привода колес по принятой системе критериев, с учетом требований к самоходному шахтному вагону и экономической целесообразности.

Литература

1. Динамика колесных машин : монография / И. С. Сазонов [и др.]. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2006. – 462 с.
2. Тракторы: Теория / В. В. Гуськов [и др.] ; под общ. ред. В. В. Гуськова. – М. : Машиностроение, 1988. – 376 с.
3. Андрианов, Д. С. Исследование комбинированной системы поворота самоходного вагона / Д. С. Андрианов ; науч. рук. Г. А. Таяновский // Сб. науч. тр. IX Междунар. конф. молодых ученых и студентов БНТУ 29–31 окт. 2013 г. – 202 с.

ОЦЕНКА И ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

А. В. Бесман

*Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет», г. Могилев*

Научный руководитель Т. В. Пузанова

Уровень конкурентоспособности продукции является важным показателем, характеризующим функционирование предприятия в рыночной экономике. Главной целью предприятия является получение прибыли. Но достижение этой цели возможно только в том случае, если продукция предприятия будет пользоваться спросом на рынке и, следовательно, реализовываться. Но необходимо помнить, что на рынке действуют и другие предприятия, выпускающие аналогичную продукцию (конкуренты) и нужно предпринять максимальные усилия, чтобы покупатели отдавали предпочтение производимому товару.

Для того чтобы оценить, успешно ли предприятие функционирует и развивается на рынке, можно провести анализ сбалансированности портфеля продукции, который показывает, от производства каких продуктов предприятию необходимо отказываться, а производство каких необходимо наращивать, так как именно эти продукты больше всего пользуются спросом и определяют результат деятельности предприятия. Для данных продуктов необходимо постоянно проводить анализ конкурентоспособности, чтобы выявлять недостатки и преимущества. Такой подход позволяет своевременно выявлять проблемы и разрабатывать мероприятия по повышению конкурентоспособности продукции.

В данной работе рассмотрена методика оценки конкурентоспособности продукции предприятия машиностроения на примере филиала ОАО «БЕЛАЗ» – управляющей компании холдинга «БЕЛАЗ–ХОЛДИНГ» в г. Могилеве и предложены возможные пути повышения конкурентоспособности.

Решение поставленной задачи предполагает проведение анализа ассортимента выпускаемой продукции, оценку степени сбалансированности портфеля, а также анализ конкурентоспособности значимых для предприятия видов продукции.

Для оценки степени сбалансированности продукции существует множество матричных методов. В работе предлагается построение модифицированной матрицы БКГ. В основе этой матрицы лежит модель жизненного цикла товара, в соответствии с которой товар в своем развитии проходит четыре стадии: выход на рынок (товар – «???»), рост (товар – «звезда»), зрелость (товар – «дойная корова») и спад (товар – «явная обуза»). Матрица БКГ представляет собой графическое отображение позиций конкретного вида бизнеса в стратегическом пространстве «темпы роста/доля рынка». Правильно сбалансированным является такой портфель, в котором обязательно присутствуют товары в каждой группе. Результат проведения оценки сбалансированности портфеля для анализируемого предприятия машиностроения представлен на рис. 1.

Таким образом, можно сделать вывод, что у предприятия портфель не является сбалансированным, так как в портфеле нет продукции, которая относится к группе «дойные коровы». А эта группа является одной из важнейших, так как эта продукция требует минимум вложений, приносит высокий доход, который предприятие использует для оплаты своих счетов и для поддержки других направлений своей деятельности, требующих инвестирования. Для создания этой группы необходимо наращивать объемы производства, повышать конкурентоспособность тех товаров, которые в дальнейшем могут попасть в эту группу.

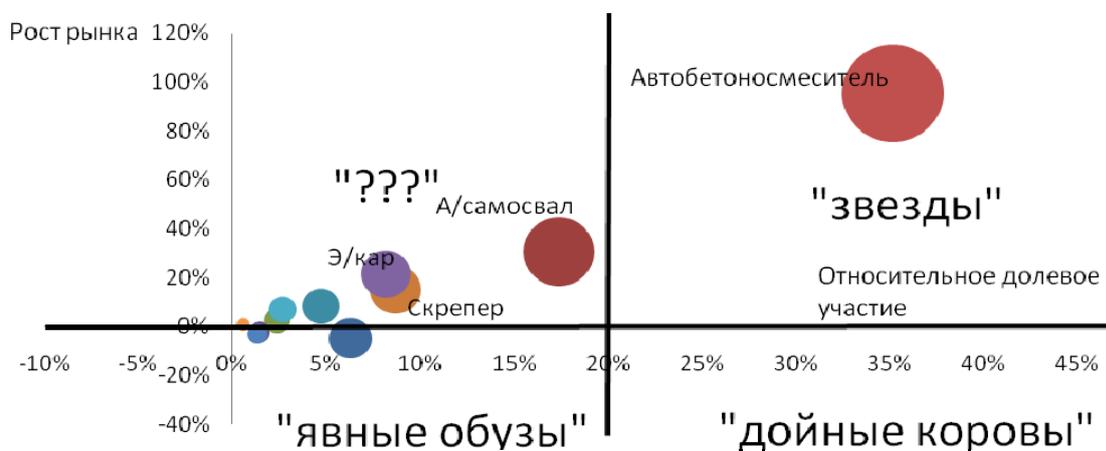


Рис. 1. Модифицированная матрица БКГ для анализируемого предприятия

Потенциальными «дойными коровами» могут быть товары групп «звезд» и «???», относительное долевое участие которых достаточно высоко и приближается к группе «дойные коровы». Такие товары можно определить визуально по матрице БКГ (автобетоносмесители и автосамосвалы), а также на основе применения ABC-анализа.

ABC-анализ является один из распространенных методов анализа ассортимента, который основывается на принципе Парето. Последний, в свою очередь, гласит, что за 20 % последствий отвечают 80 % причин. Данное правило, которое также получило название 80/20, означает, что в любом процессе жизненно важным является небольшой процент причин (20 %), а оставшиеся причины (80 %) не оказывают серьезного влияния на конечный результат. Результаты проведения ABC-анализа для исследуемого объекта представлены на рис. 2.

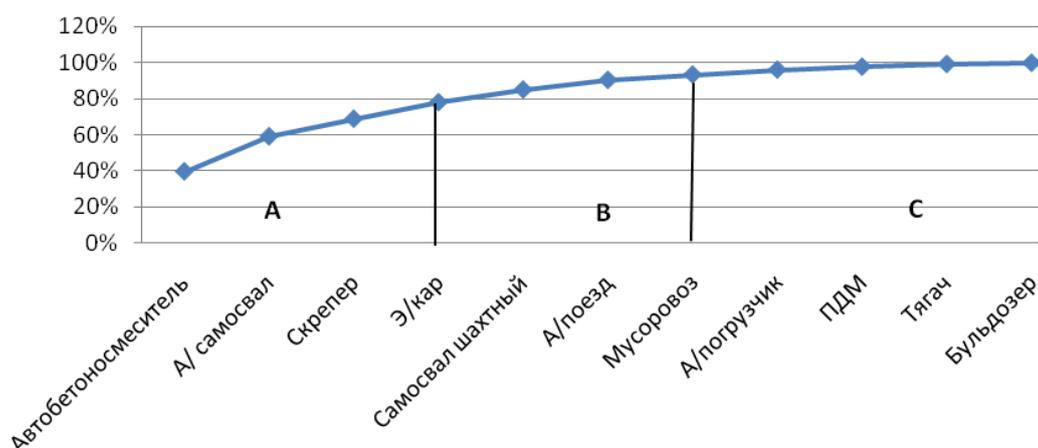


Рис. 2. Результаты проведения ABC-анализа для анализируемого предприятия

Анализ показал, что в группу А попали автобетоносмесители, автосамосвалы, скреперы и электрокары. Таким образом, учитывая ограниченность ресурсов, наиболее значимыми для предприятия являются две группы товаров: автобетоносмесители и автосамосвалы.

Для обеспечения перехода выбранных товаров в группу «дойные коровы» необходимо провести оценку их конкурентоспособности. Для этого существует множество методов, в данной работе используется наиболее наглядный метод оценки на основе построения радара, а также разностный метод.

В таблице приведены результаты оценки уровня конкурентоспособности для анализируемого автобетоносмесителя и нескольких его конкурентов, по которой видно, что сильнейшим конкурентом является автобетоносмеситель КУПАВА.

Результаты расчета уровня конкурентоспособности

Марка	Метод	
	разностный	радар
СМБ-372	0,179	0,956
МАБС-634207	0,168	0,959
АБС-6М-01	0,177	0,956
КУПАВА	0,044	0,989

На рис. 3 приведен радар конкурентоспособности автобетоносмесителя СМБ-372 и его основного конкурента КУПАВА (ООО «Завод автомобильных прицепов «МАЗ КУПАВА», г. Минск). Рассчитанные значения уровня конкурентоспособности по этим методам представлены в таблице.

Автобетоносмеситель уступает своему конкуренту по экономическим и силовым параметрам. Аналогичным образом был оценен уровень конкурентоспособности группы автосамосвалов и выявлены те же проблемы.

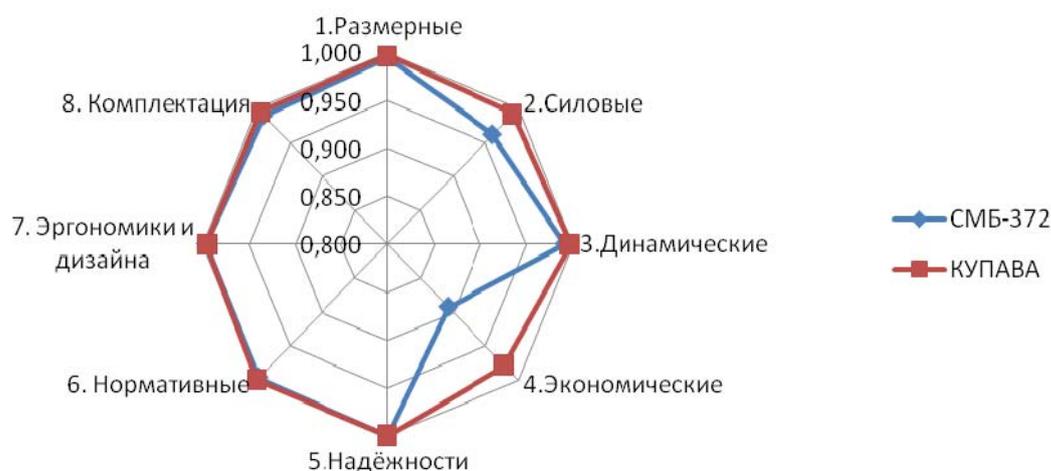


Рис. 3. Радар конкурентоспособности автобетоносмесителя СМБ-372

Для решения выявленных проблем предлагается провести мероприятия по импортозамещению, реализация которых позволит повысить уровень конкурентоспособности за счет снижения себестоимости и улучшения экономических показателей. В такой ситуации можно ожидать выравнивания конкурентных позиций, увеличения спроса на продукцию, роста объемов производства и реализации.

РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПЛАНЕТАРНОГО ЭКСЦЕНТРИКОВОГО РЕДУКТОРА

С. Г. Черняков

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет», г. Могилев

Научный руководитель А. В. Капитонов

Исследуемый редуктор представляет собой малогабаритный планетарный редуктор с разностью чисел зубьев сателлита и центрального колеса внутреннего зацепления, равной единице [1]. При данной разности чисел зубьев применение стандартного эвольвентного профиля зубьев сателлита в данной передаче невозможно ввиду возникновения явления интерференции зубьев, вследствие чего передача не смогла бы функционировать. Для устранения интерференции профиль зуба подвергают модификации, в результате которой уменьшается толщина зуба при сохранении эвольвентного профиля боковых поверхностей зубьев. При этом в передаче наблюдается многопарность зубчатого зацепления, т. е. в зацеплении одновременно находится несколько пар зубьев. Это означает, что данный редуктор обладает повышенной нагрузочной способностью по сравнению с другими зубчатыми планетарными передачами при сравнимых габаритных размерах.

Принцип работы редуктора состоит в следующем. При вращении ведущего вала 1 редуктора с закрепленным на нем при помощи шпонки эксцентрика 6, на котором установлен сателлит 3, последний обкатывается по центральному колесу внутреннего зацепления 4, совершая планетарное движение. Вращение сателлита передается на ведомый вал 2 редуктора посредством четырнадцати пальцев 5, установленных в сателлите на подшипниках качения и обкатывающихся по отверстиям во фланце вала 2.

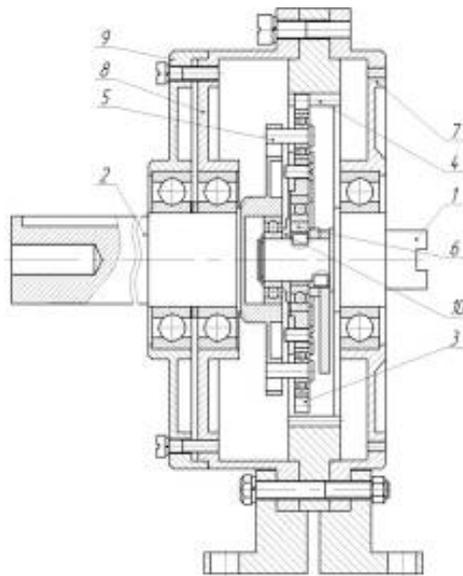


Рис. 1. Планетарный эксцентриковый редуктор

Были составлены линейные и угловые размерные цепи сборки редуктора, проведены экспериментальные исследования кинематических погрешностей редуктора на автоматизированном испытательном стенде, разработанном на кафедре «Технология машиностроения» Белорусско-Российского университета, получены графики кинематических погрешностей редуктора и их спектры амплитуд при различных условиях нагружения ведомого вала.

Методика расчета линейных и угловых размерных цепей описана в литературе [2]. Пример угловой размерной цепи редуктора представлен на следующем рисунке.

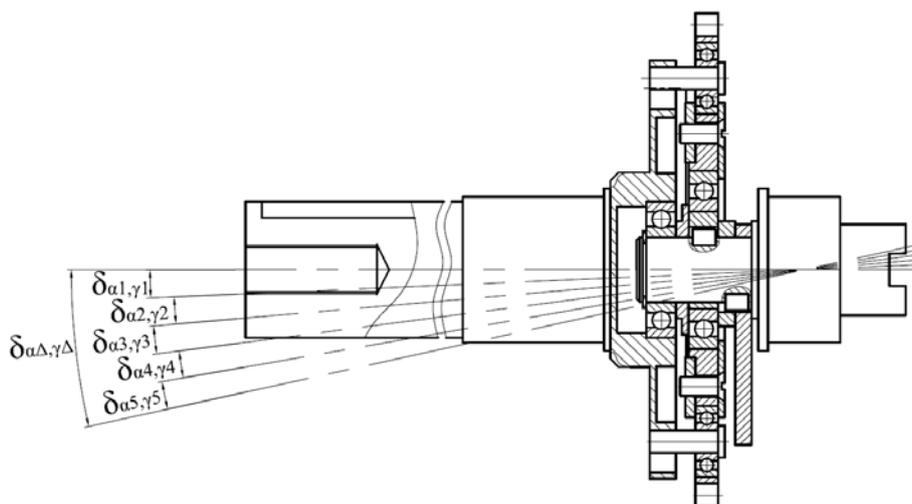


Рис. 2. Угловая размерная цепь узла ведущий вал–ведомый вал

Звеньями размерной цепи являются: $\delta_{\alpha 1,\gamma 1}$ – поворот оси опорной шейки ведущего вала относительно номинальной; $\delta_{\alpha 2,\gamma 2}$ – поворот оси несущей шейки ведущего вала относительно номинальной; $\delta_{\alpha 3,\gamma 3}$ – поворот оси подшипника, обусловленный

величиной биения дорожки качения; $\delta_{\alpha 4, \gamma 4}$ – поворот оси вследствие наличия зазора в соединении подшипник – центральное отверстие ведомого вала; $\delta_{\alpha 5, \gamma 5}$ – поворот оси центрального отверстия ведомого вала относительно номинальной; $\delta_{\alpha 6, \gamma 6}$ – поворот оси опорной шейки ведомого вала относительно номинальной; $\delta_{\alpha \Delta, \gamma \Delta}$ – допуск соосности ведущего и ведомого валов.

Расчет угловых размерных цепей проводится по формулам, применяемым для расчета линейных размерных цепей. В нижеследующих размерных цепях относительное угловое расположения задается не в градусах, а в линейных единицах, отнесенных к определенной базовой длине. Поэтому необходимо предварительно привести допускаемые отклонения для всех входящих в цепь звеньев к одной расчетной базовой длине. В качестве расчетной базовой длины принимаем базовую длину замыкающего звена.

Базовую длину замыкающего звена $\delta_{\alpha \Delta, \gamma \Delta}$ обозначим через l_0 , а для составляющих звеньев $\delta_{\alpha i, \gamma i}$ – через l_i . Отклонение $\delta_{\alpha i, \gamma i}$ задается отношением величины c_i к базовой длине l_i :

$$\delta_{\alpha i, \gamma i} = \frac{c_i}{l_i}. \quad (1)$$

Для приведения $\delta_{\alpha i, \gamma i}$ к базовой длине l_0 вычисляем передаточное отношение:

$$\xi_i = \frac{l_0}{l_i}. \quad (2)$$

Затем подставляем базовую длину l_1 из формулы (2) в формулу (1):

$$\delta_{\alpha i, \gamma i} = \frac{c_i \xi_i}{l_0}. \quad (3)$$

Для дальнейших расчетов определяем допуски для всех звеньев размерной цепи:

$$TA_{\delta \alpha i, \gamma i} = ESA_{\delta \alpha i, \gamma i} - EIA_{\delta \alpha i, \gamma i}. \quad (4)$$

Координаты средин полей допусков составляющих звеньев находим из зависимости

$$Eca_{\delta \alpha i, \gamma i} = \frac{ESA_{\delta \alpha i, \gamma i} + EIA_{\delta \alpha i, \gamma i}}{2}. \quad (5)$$

Методика исследования кинематических погрешностей, преобразования Фурье и спектрального анализа описаны в литературе [3].

График кинематических погрешностей планетарного эксцентрикового редуктора и спектр амплитуд при работе с нагрузкой 60 Н · м представлены на следующих рисунках.



Рис. 3. График кинематической погрешности редуктора

На графике четко прослеживаются погрешности, проявляющиеся один раз и пятьдесят раз за один оборот ведомого вала. Размах амплитуды кинематической погрешности равен 0,0129 рад.



Рис. 4. Спектр амплитуд кинематических погрешностей

Как видно из спектра, наибольшие амплитуды имеют 1 и 50 гармоники, характеризующие погрешности ведущего и ведомого звеньев редуктора, а также погрешности зубцовой частоты, поскольку передаточное число данного редуктора равно числу зубьев сателлита.

Литература

1. Пашкевич, М. Ф. Планетарные передачи с повышенной нагрузочной способностью для реверсивной работы в приводах строительных и дорожных машин / М. Ф. Пашкевич, О. Е. Печковская // Вестн. МГТУ. – 2005. – № 2. – С. 127–131.
2. Анухин, В. И. Допуски и посадки. Выбор и расчет, указание на чертежах / В. И. Анухин. – СПб. : Изд-во СПбГТУ, 2001. – 219 с.
3. Повышение точности механических передач на основе компьютерного моделирования и использования технологий искусственного интеллекта : монография / В. М. Пашкевич [и др.]. – Белорус.-Рос. ун-т, 2011. – 139 с. : ил.

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ОБЪЕМНОЙ И КЛАПАННОЙ АДАПТАЦИЕЙ К НАГРУЗКЕ ПО УРОВНЮ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ

А. А. Гинзбург

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

Научный руководитель Д. Л. Стасенко

Гидравлические системы с адаптацией к нагрузке (в литературе часто именуется LS-системами, от словосочетания *load sensing*) решают основную проблему одновременного дроссельного регулирования скоростей нескольких рабочих органов гидропривода – проблему чрезмерного уровня потерь мощности в гидросистеме.

При традиционном дроссельном регулировании скоростей нескольких одновременно работающих исполнительных органов гидропривода регулирование их скоростей может происходить только при максимальном давлении на входе гидросистемы, не зависящем от уровня давления на исполнительных органах [1]. В результате потери мощности в гидроприводе оказываются недопустимо высокими. Решение этой проблемы заключается в использовании принципа адаптации к нагрузке, при котором давление на наиболее нагруженном исполнительном органе используется для управления входным давлением гидросистемы. В гидросистемах с адаптацией к нагрузке входное давление изменяется в соответствии с изменением давления на наиболее нагруженном исполнительным органе, превышая его на небольшую постоянную величину [1], [2].

Для реализации принципа адаптации к нагрузке гидросистема дополнительно оснащается системой выбора наибольшего из давлений на исполнительных органах и устройством, поддерживающим постоянную разность давлений между этим давлением и входным давлением гидросистемы. В качестве этого устройства может использоваться либо насос с регулятором разности давлений (гидропривод с объемной адаптацией к нагрузке) либо гидроклапан разности давлений (гидропривод с клапанной адаптацией к нагрузке). Принципиальные гидравлические схемы таких систем приведены на рис. 1.

Целью настоящей работы является сравнение эффективности гидравлических систем с объемной и клапанной адаптацией к нагрузке по уровню потерь мощности.

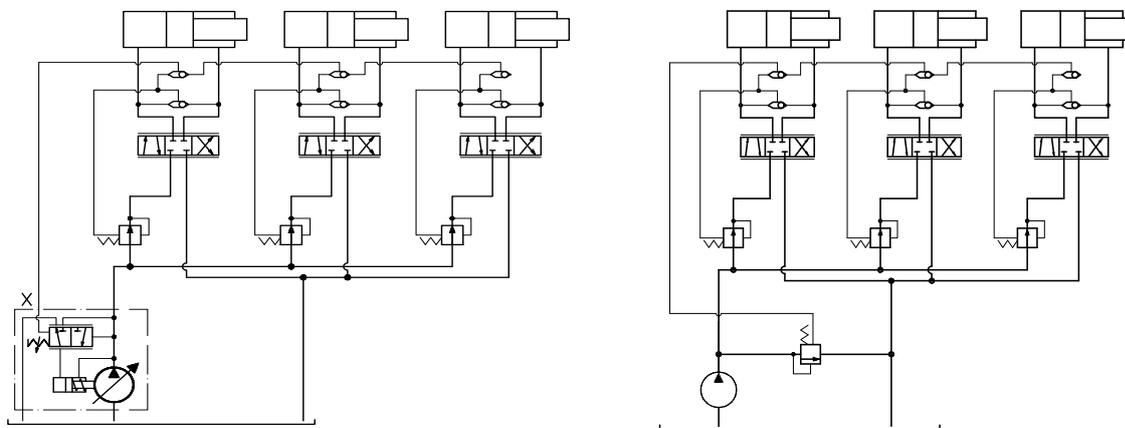


Рис. 1. Принципиальные гидравлические схемы гидросистем с объемной и клапанной адаптацией к нагрузке

Потери мощности гидросистем с адаптацией к нагрузке согласно [3] равняются:
– для гидросистем с объемной адаптацией:

$$\Delta N = \Delta p_{LS} Q_0 + \sum_{i=1}^n (\max(p_i) - p_i) Q_i; \quad (1)$$

– для гидросистем с клапанной адаптацией:

$$\Delta N = \Delta p_{LS} Q_0 + \sum_{i=1}^n (\max(p_i) - p_i) Q_i + \max(p_i) (Q_0 - \sum_{i=1}^n Q_i), \quad (2)$$

где Δp_{LS} – постоянная разность между входным давлением гидросистемы и давлением на наиболее нагруженном рабочем органе; p_i – давления в рабочих полостях исполнительных органов гидропривода; Q_i – величины расходов на исполнительных органах гидропривода; Q_0 – входной расход гидропривода (подача насоса).

В гидроприводе с объемной адаптацией к нагрузке подача насоса в любой момент времени равняется сумме расходов, настроенных на всех исполнительных органах.

Сравнивая выражения (1) и (2), можно видеть, что:

– в равных условиях потери мощности в гидроприводе с объемной адаптацией к нагрузке являются меньшими, чем потери мощности в гидроприводе с клапанной адаптацией на величину второго слагаемого правой части выражения (2);

– потери мощности в гидроприводах с адаптацией к нагрузке существенным образом зависят от величины разности между входным давлением гидросистемы и давлением на наиболее нагруженном рабочем органе Δp_{LS} .

Таким образом, по уровню потерь мощности гидропривод с объемной адаптацией к нагрузке представляется более выгодным, нежели гидропривод с клапанной адаптацией.

Однако при использовании в гидроприводе нескольких нерегулируемых насосов ситуация может оказаться не столь однозначной. Экспериментальные исследования потребления мощности в гидросистемах [4], [5] показали, что потери мощности в многопоточных гидросистемах с клапанной адаптацией и нерегулируемыми насосами достаточно близки к потерям мощности в аналогичных гидросистемах с объемной адаптацией. В частности, В. Клотцбюхер [5] на примере гидроприводов пропашных тракторов мощностью свыше 90 кВт показал, что использование самовсасывающего регулируемого насоса взамен двухпоточного нерегулируемого позволяет снизить потери мощности на 10,1 %, а несамовсасывающего – всего лишь на 2,4 %.

Следует отметить, что указанные исследования проводились в условиях, когда разность между входным давлением гидросистемы и давлением на наиболее нагруженном рабочем органе Δp_{LS} для всех исследуемых систем являлась постоянной.

На самом деле из конструктивных соображений разность давлений, настроенная регулируемым насосом, не может быть уменьшена ниже определенного предела. Анализ параметров современных регулируемых насосов показывает, что в зависимости от типа насоса и фирмы-производителя Δp_{LS} , как правило, составляет 1,8–2,5 МПа [6]–[8], причем меньшее значение относится к наиболее технически совершенным и дорогим гидромашинам. В то же время разность давлений Δp_{LS} , которая в системах с клапанной адаптацией настраивается гидроклапаном разности давления, технически ограничена

снизу намного менее жестко и на практике может быть выбрана минимально необходимой для обеспечения заданного расхода в гидросистеме. Практически, выпускаемая аппаратура для гидросистем с адаптацией к нагрузке обеспечивает поддержание разности Δp_{LS} на уровне 0,6–1,2 МПа, напр., [9]–[11]. Следовательно, в реальных гидроприводах в клапанной адаптацией к нагрузке величина Δp_{LS} может быть снижена, по сравнению с гидроприводами с объемной адаптацией, ориентировочно на 1–1,5 МПа.

Анализ выражений (1) и (2) показывает, что снижение величины Δp_{LS} позволяет снизить уровень потерь мощности в гидроприводе. С учетом того что среднее по времени давление при работе гидроприводов с адаптацией к нагрузке, как правило, составляет 10–20 МПа, снижение величины Δp_{LS} на 1–1,5 МПа обеспечивает снижение потерь мощности ориентировочно на 5–12 %. Это практически компенсирует отмеченный выше выигрыш в уровне потерь мощности систем с объемной адаптацией к нагрузке.

При этом в гидроприводах с клапанной адаптацией к нагрузке могут быть использованы недорогие и менее требовательные к условиям работы шестеренные гидромашины, в то время как в системах с объемной адаптацией необходимо применять существенно более дорогие и менее надежные аксиально-поршневые насосы. Поэтому применение гидроприводов с клапанной адаптацией оказывается более рациональным.

Выводы

По уровню потерь мощности многопоточные гидросистемы с клапанной адаптацией к нагрузке практически не уступают системам с объемной адаптацией.

В гидроприводах малой и средней мощности применение принципа клапанной адаптации к нагрузке в сочетании с многопоточными нерегулируемыми насосами представляется более рациональным по сравнению с объемной адаптацией. Пример гидравлической схемы такого гидропривода приведен на рис. 2.

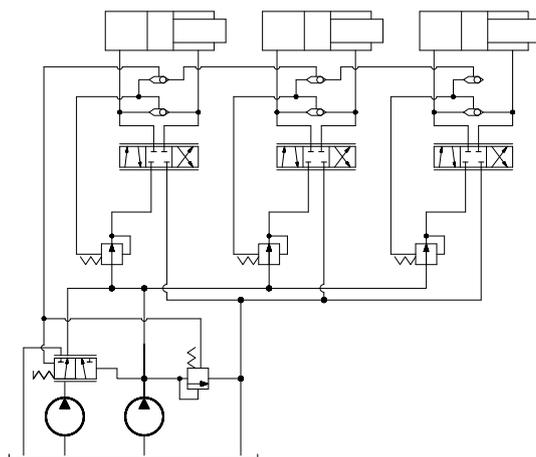


Рис. 2. Принципиальная гидравлическая схема многопоточной гидросистемы с клапанной адаптацией к нагрузке

Литература

1. Гинзбург, А. А. Дроссельное регулирование в гидросистемах и адаптация гидропривода к нагрузке (LS-принцип) : курс лекций для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» / А. А. Гинзбург. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2007. – 77 с.

2. Sculthorpe, H. Hydraulic Horsepower Comes out of Its Corner / H. Sculthorpe. – Hydraulics & Pneumatics. – 1989. – № 3.
3. Гинзбург, А. А. Критерии выбора параметров исполнительных органов гидроприводов с адаптацией к нагрузке / А. А. Гинзбург, В. В. Пинчук // Вестн. ГГТУ им. П. О. Сухого. – № 3 (30). – 2007.
4. Hesse, H. Vergleich der Energieverluste von Hydrauliksystemen für Ackerschlepper / H. Hesse. – Vortrag auf der VDI-Tagung Landtechnik, München, 27//29 Oktober, 1976.
5. Klotzbücher, W. Energieverluste in Hydrauliksystemen von Ackerschleppern / W. Klotzbücher. – Grundlagen der Landtechnik, Bd.34 (1984). – Nr. 6.
6. Каталог фирмы Bosch Rexroth AG. RE 92 500/06.04. – Axial Piston Variable Displacement Pump A11VO. – Elchingen, 2004.
7. Каталог фирмы Bosch Rexroth AG. RE 92 701/11.03. – Variable Axial Piston Pump A10V(S)O. – Elchingen, 2003.
8. Каталог фирмы Parker Hannifin HY02-8029UK. – VP1 pump. Parker Hannifin, 2005.
9. Каталог изделий Гомельского ОАО «ГСКТБ ГА». – КР 44XX X12-01/10.00. Распределители гидравлические секционные типа РАМ-12/3. – Гомель : ОАО «ГСКТБ ГА», 2010.
10. Каталог фирмы Bosch Rexroth AG. RD 34 276/06.06. – Hochdruck Load-Sensing Steuerblock in Scheibenbauweise. – Elchingen, 2006.
11. Каталог фирмы Robert Bosch GmbH. Wegeventile SB 12 LS. – Robert Bosch GmbH. – Stuttgart, 1998.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ В НАПРАВЛЯЮЩИХ ГИДРОАППАРАТАХ

Д. В. Лаевский

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

Научные руководители: Ю. А. Андреевец, Д. Л. Стасенко

Влияние низких и высоких температур на рабочую жидкость в течение длительного или кратковременного времени могут привести к неустойчивой работе гидрофицированного оборудования технологических и мобильных машин, эти факторы могут привести к уменьшению объемного КПД насосов; повышению потерь давления в гидросистеме; увеличению времени срабатывания гидрооборудования. Однако основной причиной повышения интенсивности изнашивания следует считать ухудшение условий трения – проникновение абразивных частиц в зону контакта деталей гидрооборудования, ослабление защитных свойств смазки, изменение зазоров сопряжения, обусловленных изменением температуры рабочей жидкости гидросистемы [1].

Целью настоящей работы является установление функциональной связи между температурой рабочей жидкости и сил, действующих в направляющих гидроаппаратах (гидрораспределителях) технологических и мобильных машин.

Известно, что при проектировании направляющих гидроаппаратов проектировщики пользуются в основном следующими исходными данными: схемой гидроаппарата, номинальным расходом и давлением, темпом (частотой) срабатывания и быстродействием гидроаппарата. Эти данные являются основанием для определения силы, которую необходимо приложить к управляющему устройству, для того чтобы перемещался запорно-регулирующий элемент (золотник) гидрораспределителя. Но мало кто учитывает температуру рабочей жидкости, которая существенно влияет на работу гидроаппаратов и гидросистемы в целом, принимая ее равной константе.

Рассмотрим силы, действующие на золотник гидрораспределителя. При перемещении золотника необходимо, чтобы к нему была приложена некоторая сила, которая способна сдвинуть золотник из состояния покоя. В процессе работы эта сила

должна преодолевать инерционную нагрузку золотника и силы сопротивления движению, которые состоят из сил трения золотника, а также гидродинамической силы:

$$F = F_{ин} + F_{тр} + F_{ж} + F_{гд},$$

где $F_{ин} = ma$ – инерционная сила; m – масса золотника; a – ускорение; $F_{тр}$ – сила трения; $F_{ж}$ – сила трения жидкости; $F_{гд}$ – гидродинамическая сила.

Сама по себе сила инерции не зависит от температуры рабочей жидкости, но в момент страгивания, т. е. приложения к золотнику силы F , который находится в состоянии покоя, ускорение будет максимальным, исходя из этого силу инерции можно заменить силой трения покоя $F_{п}$. При переходе от силы трения покоя $F_{п}$ к движению (рис. 1) сила приложенная к золотнику F в основном будет зависеть от величины пятна контакта золотника в корпусе гидроаппарата (рис. 2):

$$F_{п} = f_{п}lpD\sqrt{\frac{\Delta}{\delta}\left(2 - \frac{\Delta}{\delta}\right)},$$

где $f_{п}$ – коэффициент трения покоя при смазке стальных поверхностей минеральным маслом; l – длина контакта; p – давление, действующее в зазоре; D – диаметр золотника с учетом граничного слоя; Δ – величина граничного слоя; δ – смещение оси золотника относительно оси отверстия.

Пятно контакта золотника в корпусе гидроаппарата также зависит от коэффициента теплового расширения материалов, из которых изготовлены золотник и корпус гидрораспределителя, а также радиальных сил, которые действуют на золотник.

Известно, что при длительном состоянии покоя золотник труднее сдвинуть с места, чем сразу после его остановки. Данное увеличение силы связано с эксцентричным (наихудший вариант, рис. 2) расположением золотника и действующих на него радиальных сил.

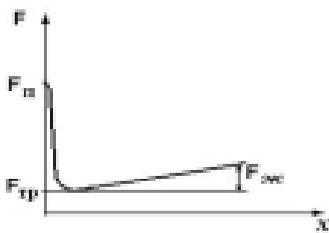


Рис. 1. Схема зависимости сил трения от скорости движения

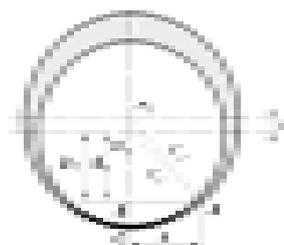


Рис. 2. Схема расположения золотника в корпусе гидрораспределителя

При движении золотника сила трения покоя $F_{п}$ уменьшается (рис. 1) и на золотник действуют сила трения $F_{тр}$ и сила трения жидкости $F_{ж}$:

$$F_{тр} = f_{а}lpD\sqrt{\frac{2\Delta \cdot p}{E_{м}\delta}\left(2 - \frac{2\Delta \cdot p}{E_{м}\delta}\right)}, \quad F_{ж} = 9f_{ж}lpD\sqrt{\frac{2\Delta \cdot p}{E_{м}\delta}\left(2 - \frac{2\Delta \cdot p}{E_{м}\delta}\right)},$$

где f_a – коэффициент трения движения; $f_{ж}$ – коэффициент трения скольжения; E_m – модель упругой среды; ϑ – скорость перемещения золотника [3].

Сила трения $F_{тр}$ зависит от действия радиальных сил, которые при движении не исчезают. На границе твердой и жидкой фаз в результате атомарного и молекулярного взаимодействия сред образуется граничный (адсорбционный) слой [4]. Толщина смазочной пленки рабочей жидкости зависит, главным образом, от площади адсорбирующей поверхности, дипольного момента, возникающего от радиальных сил, температуры рабочей жидкости, а также от диэлектрической проницаемости адсорбционного слоя молекул. С увеличением температуры рабочей жидкости расстояние взаимодействия и толщина адсорбционного слоя молекул с полем поверхности микронеровности уменьшается. Толщина адсорбционного слоя молекул изменяется в диапазоне 10^{-9} – 10^{-7} м при изменении температуры рабочей жидкости [5].

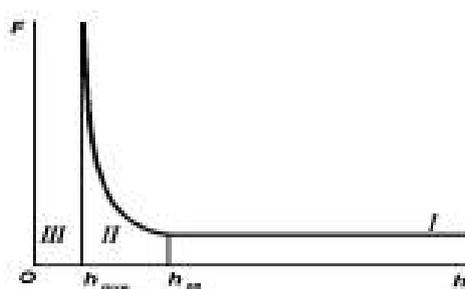


Рис. 3. Изменение силы сопротивления сближения механических поверхностей

Если расстояние между металлическими поверхностями значительно больше (рис. 3), чем толщина граничного слоя (область I), то сила сопротивления сближению металлических поверхностей не зависит от расстояния между ними. Начиная с толщины граничного слоя $h_{тр}$, сила сопротивления сближения рабочей среды начинает возрастать (область II) и при достижении некоторого остаточного граничного слоя $h_{мин}$ становится большей (область III) [2]. На практике величина адсорбционного слоя составляет $(2...3)10^{-6}$ м.

Из вышеизложенного очевидно, что практически все силы трения зависят от температуры рабочей жидкости, но их можно максимально минимизировать. При проектировании гидроаппаратов должен учитываться коэффициент теплового расширения материалов, должны применяться различные конструктивные решения, уменьшающие действие радиальных сил.

Суммарная гидродинамическая сила $F_{гд}$ для напорной и сливной линий в момент открытия проходной щели препятствует движению золотника, пытаясь вернуть его в исходное положение. Данная сила зависит от величины расхода, давления и скорости протекающей рабочей жидкости через проходные щели гидроаппарата [6]:

$$F_{гд} = 2Q\sqrt{2\rho \cdot \Delta p} \cdot \cos\alpha,$$

где $Q = \mu dx \sqrt{2\Delta p / \rho}$ – объемный расход жидкости; μ – коэффициент расхода; d – диаметр золотника; x – ход золотника; Δp – перепад давления, ρ – плотность жидкости; α – угол, образованный осями золотника и потока жидкости.

Подставим значения скоростей и расхода, и уравнение гидродинамической силы примет вид:

$$F_{\text{гд}} = 4\mu\pi dx \cdot \Delta p \cdot \cos\alpha.$$

Из полученной зависимости видно, что при прочих равных условиях изменения температуры влияет только на коэффициент расхода μ , который принимается в пределах от 0,62...0,65 при $Re \geq 200$.

В результате компьютерного моделирования в программном комплексе FlowVision получены значения осевых гидродинамических сил при температурах $T_1 = +50$ и $T_2 = -30$ °С. В качестве прототипа был взят гидрораспределитель с условным проходом $D_y = 10$ мм, 44 схемой распределения жидкости, с острой кромкой на золотнике.

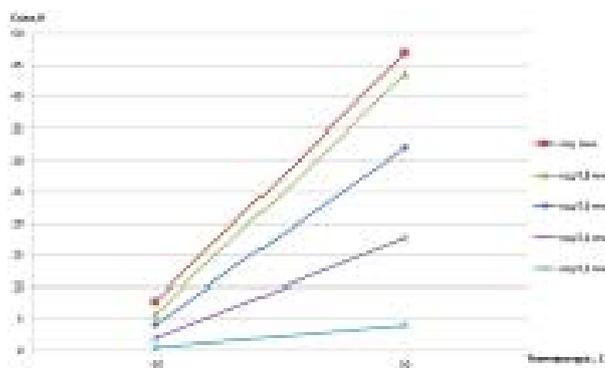


Рис. 4. Осевые гидродинамические силы при температурах +50 и –30 °С

Из графика видно, что осевая гидродинамическая сила напрямую зависит от температуры рабочей жидкости. При работе гидрораспределителя с температурой рабочей жидкости +50 °С происходит резкий скачок увеличения гидродинамической силы, а при –30 °С происходит плавное ее увеличение, так как рабочая жидкость при повышении температуры изменяет свои свойства (вязкость), которые зависят от температуры окружающей среды. Выявлено, что гидродинамическая сила при увеличении температуры с –30 до +50 °С увеличивается на 78 %.

Закключение

Установлено, что практически все силы, действующие в направляющих гидроаппаратах, связаны с температурой рабочей жидкости. Величина сил трения покоя, движения и трения жидкости примернов 10^5 раз меньше, по сравнению с гидродинамической, вследствие этого можно сказать, что сила, которую необходимо приложить к запорно-регулирующему элементу в начальный момент открытия гидрораспределителя, в большей степени зависит от гидродинамической силы, на которую в свою очередь существенное влияние оказывает температура рабочей жидкости, при увеличении температуры с –30 до +50 °С сила увеличивается на 78 %.

Литература

1. Войтов, В. А. Конструктивная износостойкость узлов трения гидромашин. Ч. 2 / В. А. Войтов // Методология моделирования граничной смазки в гидромашин. – Харьков : Центр Леся Курбаса, 1997. – 152 с.
2. Трифонова, Г. О. Следящие системы приводов МАДИИ / Г. О. Трифонова, О. И. Трифонова. – 82 с.

3. Лаевский, Д. В. Влияние сил адгезии твердых тел на молекулярный слой жидкости / Д. В. Лаевский, Д. Л. Стасенко, Ю. А. Андреев. – Минск : БНТУ, МНТК «Современные проблемы гидродневмосистем машин», 2011. – С. 46–53.
4. Ермакова, С. А. Автоматизированное проектирование машиностроительного гидропривода / С. А. Ермакова ; под ред. С. А. Ермакова. – М. : Машиностроение, 1988. – 312 с.
5. Косолапов, В. Б. Расчет толщины смазочной пленки рабочей жидкости на микронеровностях трибосопряжений гидропривода / В. Б. Косолапов, С. В. Литовка.
6. Лаевский, Д. В. Закономерности течения потока жидкости и действие гидродинамических сил на золотниках пропорционального гидрораспределителя / Д. В. Лаевский, Д. Л. Стасенко. – Минск : БНТУ, МНТК «Современные проблемы гидродневмосистем машин», 2011. – С. 63–71.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СКВАЖИНЕ ПРИ КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКЕ С ПОМОЩЬЮ КАВИТАЦИОННЫХ ПУЛЬСАТОРОВ

Г. А. Сиз

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

Научный руководитель А. И. Столяров

Целью работы является теоретическое изучение возможности возникновения кавитационных пульсаций при кислотной обработке скважин, изучение параметров этого процесса и оптимизация на их основе конструктивных параметров пульсаторов.

Явление кавитации используется для создания в призабойной зоне скважины (ПЗС) ударных импульсов давления различной амплитуды и широкого спектра гармоник с целью декольматации ПЗС и создания сети микротрещин, что способствует интенсификации притока и обеспечению более полного извлечения углеводородов из недр [1].

Моделируемое устройство представляет собой прямоточный гидродинамический пульсатор, жидкость попадает в камеру завихрения 1 по тангенциальным отверстиям 2, повышение скорости потока в камере завихрения достигается за счет конфузора 3 (рис. 1). Для предупреждения преждевременного разрушения вихревой камеры от действия гидроакустических волн и колебаний давления предусмотрен шпиль-отражатель 4, который крепится к головке камеры 1. За конфузоре следует съемная гидродинамическая насадка 5 в виде диффузора. При такой конструкции пульсатора в камере завихрения происходит закручивание потока и значительное увеличение скорости на выходе из устройства.

Для оценки влияния конструктивных параметров на гидродинамические характеристики потока расчет проводили для двух вариантов конструкций пульсаторов, отличающихся размером вихревой камеры. Во втором варианте с целью уменьшения гидравлического сопротивления была изменена конструкция, включающая увеличение количества отверстий в корпусе с 6 до 8.

Для описания структуры турбулентного движения жидкой среды в скважине использована концепция турбулентной вязкости и осредненные уравнения неразрывности и Навье-Стокса. Для расчета многофазных течений использована модель Эйлера и математическая модель динамики сферической каверны Релея-Плессета с учетом вязкости, сил поверхностного натяжения, влияния газа в каверне, близости границ твердой стенки и давления соседних пузырьков. По составленным расчетным схемам пульсаторов исследовали установившееся течение двухфазной среды. Имитационное моделирование осуществляли на основании модели многофазных течений Эйлера и модели k - ε турбулентности [2]. В качестве жидкой фазы была использована

соляная кислота при температуре 60 °С. В качестве газовой фазы – пары соляной кислоты, при давлении насыщения 4 МПа и размере пузырька – $12 \cdot 10^{-6}$ м. Течение рассчитывали с физическим масштабам времени при неизменных параметрах потока при следующих допущениях: течение являлось изотермическим, шероховатость поверхности не учитывалась. В качестве граничных условий приняты: на входе расход жидкости 6 кг/с, на выходе – различные значения гидростатического давления. Расчет проводили в программном комплексе CFX.

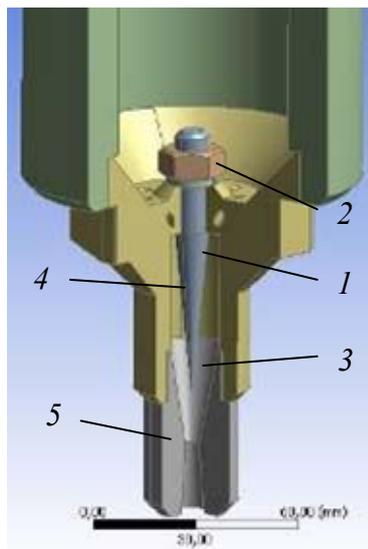


Рис. 1. Физическая модель пульсатора

В ходе решения установлено, что и предполагалось, в вихревой камере пульсатора наблюдается закручивание и значительное ускорение потока кислоты. При рассмотрении распределения давления в моделируемой области скважины для обеих конструкций было установлено наличие пульсаций давления. По результатам расчета распределения жидкой и газовой фазы для обеих конструкций необходимо отметить наличие значительной области с содержанием газовой фазы, причем минимальное объемное содержание жидкой фазы составило около 0,028 (рис. 2). На основании вышеперечисленных результатов можно сделать вывод о возможности получения кавитации при использовании обеих конструкций пульсаторов. Для определения влияния изменений в конструкции пульсатора на гидродинамические характеристики потока проводился расчет обеих конструкций при одинаковых граничных условиях: на входе расход кислоты 6 кг/с, при гидростатическом давлении 15 и 30 МПа. По полученным результатам выявлено, что измененная конструкция обеспечивает наличие кавитации с несколько меньшим объемным содержанием газовой фазы. Для оценки гидравлических сопротивлений в пульсаторах сравним значения давления на устье скважины. При гидростатическом сопротивлении в скважине 15 и 30 МПа давление на устье при использовании базовой конструкции составило 169,7 и 171 МПа, а для измененной конструкции 70 и 72,7 МПа, соответственно, т. е. ниже более чем в два раза, следовательно, измененная конструкция обладает значительно меньшим гидравлическим сопротивлением и позволяет проводить закачку жидкости с большим массовым расходом. Для сравнения импульсного воздействия пульсаторов на ПЗП оценим их амплитудно-частотные характеристики, построенные по данным

скважинных. Сравнительный анализ показал, что амплитуда ударных импульсов давления при использовании измененной конструкции более чем в два раза превышает базовую конструкцию.

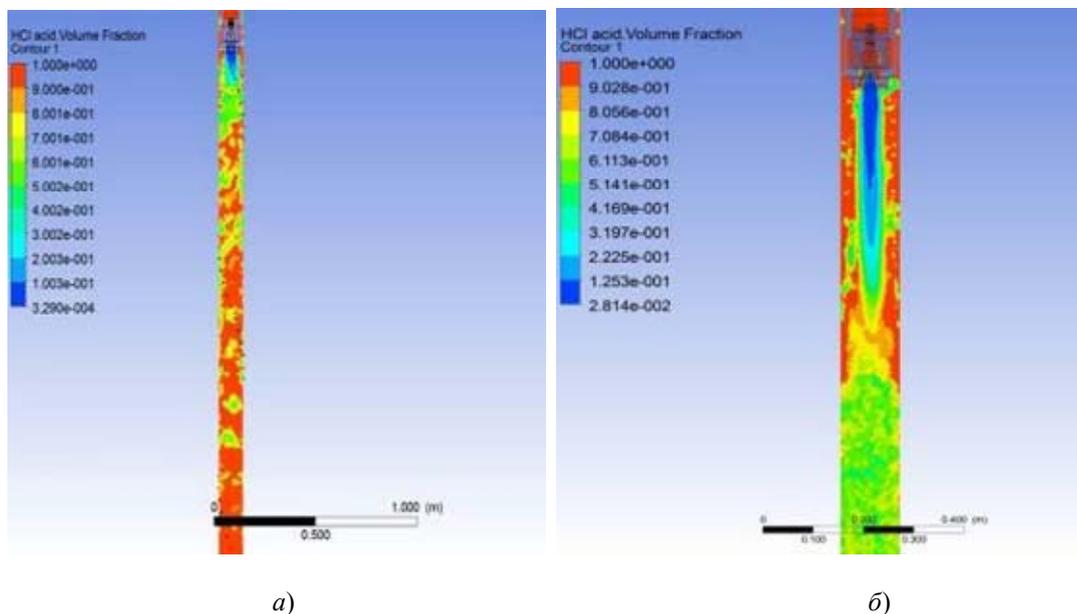


Рис. 2. Распределение жидкой фазы в моделируемой области скважины:
а – первый вариант конструкции; б – второй вариант конструкции

По полученным результатам можно сделать вывод, что измененная конструкция обладает более высокими энергетическими показателями, поэтому целесообразна ее дальнейшая оптимизация и отработка технологии использования пульсатора на практике.

Л и т е р а т у р а

1. Колебательные явления в многофазных средах и их использование в технологии / Р. Ф. Ганиев [и др.]. – Киев, 1980.
2. Ибрагимов, Л. Х. Интенсификация добычи нефти / Л. Х. Ибрагимов, И. Т. Мищенко, Д. К. Челянц. – М. : Наука. 2000.

ИЗУЧЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ КАПЕЛЬНЫХ УТЕЧЕК В МАЛЫХ КОЛЬЦЕВЫХ ЗАЗОРАХ

М. И. Петоченко, Д. В. Лаевский

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

Научный руководитель Ю. А. Андреев

Современные гидроустройства комплектуются большим количеством различных уплотнений, одним из которых является щелевое (лабиринтное) уплотнение. Основное преимущество щелевых уплотнений – это резко изменяющиеся проходные сечения канала или направление потока, при помощи выступов или канавок, а трение в них намного меньше, чем в других видах уплотнений.

Целью работы является изучения различных видов щелевых (лабиринтных) уплотнений и выявление оптимальной формы.

У цилиндрически сопрягаемых деталей щелевое лабиринтное уплотнение, как правило, имеет одностороннее расположение кольцевых канавок, изготовленных на плунжере (рис. 1).

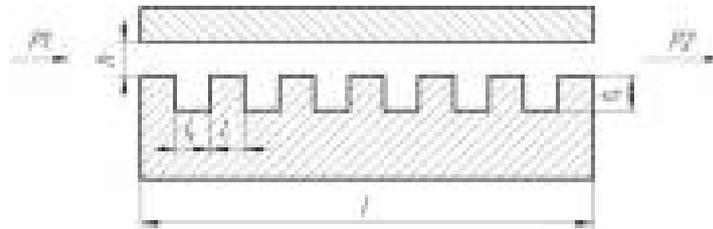


Рис. 1. Схема лабиринтного уплотнения

Сопротивление потоку жидкости в таком уплотнении создается на участках с малыми зазорами, как и в обычном щелевом уплотнении, а также в самих канавках, где происходят потери напора вследствие деформации потока и трения.

Рекомендации по выбору размеров канавок следующие: ширина канавки может быть $l_k = 0,2 \div 1,5$ мм, глубина $h_k = 0,2 \div 1,0$ мм, расстояние между канавками $l_1 = 0,5 \div 5$ мм. Более того, указанные размеры ни в какой степени не связаны ни с величиной зазора h , ни с режимом течения.

На рис. 2 представлены различные формы сечения канавок.

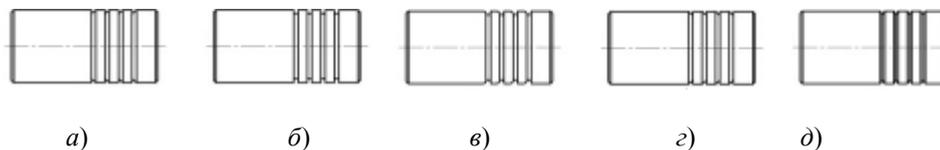


Рис. 2. Формы сечения лабиринтной канавки:

а – прямоугольный треугольник с острым углом против потока; б – прямоугольник; в – прямоугольник с закругленным углом; г – прямоугольный треугольник с острым углом по движению потока; д – равносторонний треугольник

Утечку через лабиринтное уплотнение рекомендуется рассчитывать, принимая во внимание только эффективную длину щели:

$$Q = \frac{\pi d h^3 \cdot \Delta p}{12 \nu \rho l_{\text{эф}}},$$

$$l_{\text{эф}} = l - \sum l_k,$$

где d – диаметр плунжера; h – величина зазора; Δp – потери давления в лабиринтном уплотнении; ν – кинематическая вязкость жидкости; ρ – плотность жидкости; $l_{\text{эф}}$ – эффективная длина щели; l – длина щели; $\sum l_k = z l_k$ – суммарная ширина канавок; z – число канавок; l_k – ширина канавки.

Потери давления в лабиринтном уплотнении определяли по формуле Дарси-Вейсбаха:

$$\Delta p = \lambda \frac{l_{\text{эф}}}{D_r} \cdot \frac{\rho \vartheta^2}{2} + z \xi \frac{\rho \vartheta^2}{2},$$

где λ – коэффициенты гидравлического трения; $D_r \approx 2h$ – гидравлический диаметр; ϑ – средняя скорость течения потока; ξ – коэффициенты гидравлического сопротивления.

Для ламинарного режима течения коэффициент гидравлического трения определяется по формуле

$$\lambda_{\text{л}} = \frac{100}{\text{Re}}.$$

Для турбулентного режима течения

$$\lambda_{\text{т}} = \frac{19,63}{\text{Re}^{0,77}},$$

где Re – число Рейнольдса, определяемое по формуле

$$\text{Re} = \frac{d\vartheta}{\nu}.$$

Коэффициент гидравлического сопротивления зависит от формы сечения и числа Рейнольдса.

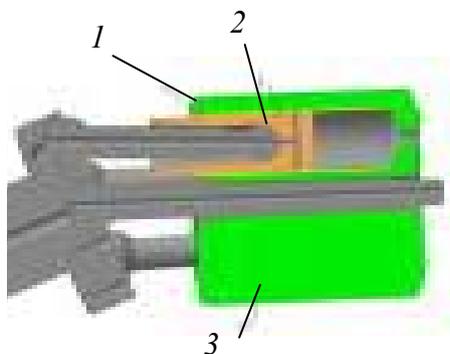


Рис. 3. Пара трения поршень–блок цилиндров:
1 – поршень; 2 – втулка; 3 – блок цилиндров

Рассчитаем утечки через лабиринтное уплотнение поршня насоса типа 210. Зададимся следующими геометрическими размерами и параметрами. Диаметр поршня $d = 0,032$ м, длина поршня $l = 0,065$ м, ширина канавки $l_k = 1$ мм, глубина $h_k = 0,5$ мм, расстояние между канавками $l_1 = 2$ мм, число канавок $z = 4$, величина зазора $h = 50$ мкм. Значение коэффициента гидравлического сопротивления для заданных размеров и различных форм канавок представлено в виде графика в зависимости от числа Рейнольдса.

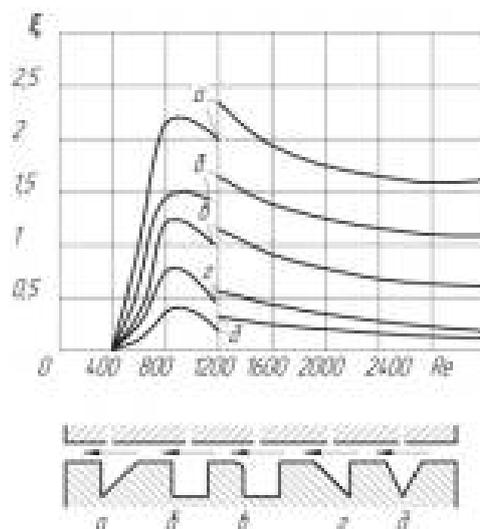


Рис. 4. Влияние формы сечения лабиринтной канавки на величину коэффициента гидравлического сопротивления

Наибольшее гидравлическое сопротивление потоку создает канавка с сечением прямоугольного треугольника, катет которого перпендикулярен направлению потока, а острый угол находится со стороны избыточного давления. Увеличение гидравлического сопротивления такой канавки по сравнению с сопротивлением канавки прямоугольного сечения достигает 40 %. Минимальное сопротивление потоку создает канавка треугольной формы с сечением равнобедренного треугольника. Гидравлическое сопротивление канавки, имеющей скругленные кромки, примерно на 30 % меньше сопротивления канавки с острыми кромками.

Насос работает на масле ИГП38, которое при температуре 50 °С имеет следующие характеристики: плотность $\rho = 890 \text{ кг/м}^3$, кинематическая вязкость $\nu = 40 \text{ сСт}$, динамическая вязкость $\mu = 35600 \text{ Па} \cdot \text{с}$. Расчет утечек сводим в таблицу.

Расчетные параметры

Форма уплотнения	$\vartheta, \text{ м/с}$	Re	λ	ξ	$\Delta p \cdot 10^{-3}, \text{ МПа}$	$Q \cdot 10^{-8}, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q, \text{ л/сут.}$
а	0,750	800	0,125	2,15	21,2	1,363	1,178
б				1,40	20,5	1,318	1,139
в				1,20	20,3	1,305	1,128
г				0,70	19,8	1,273	1,100
д				0,40	19,5	1,254	1,083
а	1,125	1200	0,084	2,25	33,8	2,171	1,876
б				1,65	32,4	2,085	1,801
в				1,10	31,2	2,005	1,732
г				0,50	29,8	1,918	1,657
д				0,35	29,5	1,896	1,638

Окончание

Форма уплотнения	q , м/с	Re	λ	ξ	$\Delta p \cdot 10^{-3}$, МПа	$Q \cdot 10^{-8}$, м ³ /с	Q , л/сут.
а	1,500	1600	0,067	1,95	48,7	3,132	2,706
б				1,40	46,5	2,990	2,584
в				0,90	44,5	2,862	2,473
г				0,40	42,5	2,733	2,361
д				0,20	41,9	2,694	2,328
а	1,875	2000	0,056	1,75	64,8	4,165	3,599
б				1,30	62,0	3,984	3,442
в				0,80	58,8	3,783	3,268
г				0,35	56,0	3,601	3,112
д				0,20	55,1	3,541	3,059
а	2,250	2400	0,049	1,70	82,7	5,314	4,591
б				1,20	78,1	5,024	4,341
в				0,75	74,1	4,764	4,116
г				0,30	70,0	4,503	3,890
д				0,15	68,7	4,416	3,815

Для наглядности представим расчеты в виде графика зависимости утечки от числа Рейнольдса.

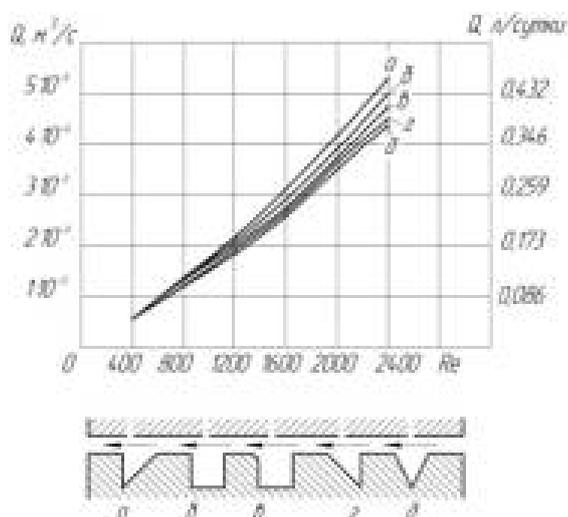


Рис. 5. Влияние формы сечения лабиринтной канавки на величину утечек

Из графика видно, что наибольшая величина утечек будет у канавки с сечением прямоугольного треугольника, острый угол которого находится со стороны избыточного давления, а наименьшая у канавки с сечением равнобедренного треугольника. Разница между этими значениями составляет около 15 %.

Заключение

Выявлено, что применение лабиринтных уплотнений с целью снижения утечек при ламинарном режиме не оправдано. Однако нарезку канавок можно выполнять для заклинивания плунжерной пары при работе на загрязненной жидкости, так как при этом обеспечивается наилучшее удаление твердых частиц из зазора, что в свою очередь приводит к уменьшению сил адгезии.

Литература

1. Никитин, Г. А. Щелевые и лабиринтные уплотнения гидроагрегатов / Г. А. Никитин. – М. : Машиностроение, 1982. – 135 с.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ВЕДУЩЕГО ВАЛА КЛАВИШНЫХ СОЛОМОТРЕСОВ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ НА ТРАЕКТОРИЮ СВОБОДНОГО ПОЛЕТА ВОРОХА

В. А. Ляхнович

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

Научный руководитель В. Ф. Хиженок

Грубый ворох, поступающий из молотильного устройства на клавиши соломотряса, состоит из крупной соломы, половы, зерна, не прошедшего через решетку подбарабанья. Процесс выделения зерна из слоя соломы одинаков для различных типов соломотрясов, а именно: сначала зерно просеивается через непрерывно изменяющуюся пространственную решетку соломы, а затем через решетку соломотряса. Соломотрясы различных типов отличаются лишь способами образования пространственной решетки соломы и характером ее движения.

Наиболее трудным моментом в выделении зерна является его проход через решетку соломы. Следовательно, зерно будет испытывать меньшее сопротивление и сравнительно быстрее проходить через решетку соломы, если расстояние между стеблями будет больше.

За один оборот коленчатого вала кривошипа соломотряса создается условие, при котором слой соломы делается менее плотным, т. е. выполняется необходимое требование для прохода зерна через решетку соломы. Опытным путем установлено, что при движении клавиш вверх сначала слой соломы сжимается, а затем, когда клавиша замедляет движение, он отрывается от ее поверхности и совершает свободное падение. При этом слой соломы разрушается, растягивается, зерно легче проходит через солому, достигает решетки соломотряса и просеивается. Далее клавиша движется вниз. В это время зерно и частицы соломы перераспределяются по парусности и частично по размерам. При следующем движении клавиши снизу вверх зерно и другие мелкие частицы раньше встречают решетку этой клавиши и в момент взаимодействия проходят через нее. По всей длине двухвального клавишного соломотряса данный процесс многократно повторяется, обмолоченный материал подбрасывается, а затем падает, и за это время перемещается по соломотрясу к выходу из молотилки. Эксперименты показали, что чем меньше частота вращения коленчатого вала соломотряса, тем выше просеиваемость зерна. Однако при этом уменьшается скорость перемещения соломы к выходу из молотилки и возможно ее забивание соломой [1, с. 122]. При повышении частоты вращения коленчатого вала скорость соломы вдоль клавиш увеличивается, но ухудшается сепарация. При конструировании

новых моделей зерноуборочных комбайнов сложность состоит в том, чтобы рассчитать оптимальные обороты валов соломотрясов так, чтобы соломотряс успевал вспушивать ворох, тем самым производил сепарацию оставшихся зерен в соломе, при том что, по агротехническим требованиям, допустимые потери за соломотрясом не более 0,5 % зерна, поступающего в комбайн.

Одним из факторов, определяющих качественную работу соломотряса, является отрыв соломы во время движения от движущейся клавиши. Если обозначим ωt_1 – угол отрыва соломы от клавиши, то отрыв будет происходить, когда проекция силы $m\omega^2 r$ на нормаль к клавише NN будет больше проекции $mg \cdot \cos a$ на ту же нормаль.

Условие отрыва вороха от поверхности соломотряса:

$$m\omega^2 r \cdot \sin \omega t_1 \geq mg \cdot \cos a.$$

Начало отрыва вороха от соломотряса определится углом начала отрыва:

$$\omega t_1 = \arcsin \frac{g}{\omega^2 r} \cos a.$$

Имея в виду, что коэффициент соломотряса:

$$K = \frac{\omega^2 r}{g},$$

окончательно угол отрыва будет:

$$\omega t_1 = \arcsin \frac{\cos a}{K}.$$

Определение угла кривошипа, при котором начинается отрыв вороха от его поверхности:

$$\phi_0 = a \cos \left[\frac{\sqrt{k^2(1+f^2) - (\cos(\alpha) + f \cdot \sin(\alpha))^2} - f(\cos(\alpha) + f \cdot \sin(\alpha))}{k(1+f^2)} \right].$$

Определение свободного полета вороха с клавиш соломотряса:

$$\beta = (90 - \phi_0 \cdot \text{deg}^{-1} + \alpha \cdot \text{deg}^{-1}) \text{deg}.$$

Определение свободного полета вороха при оборотах коленчатого вала ≤ 150 об./мин.

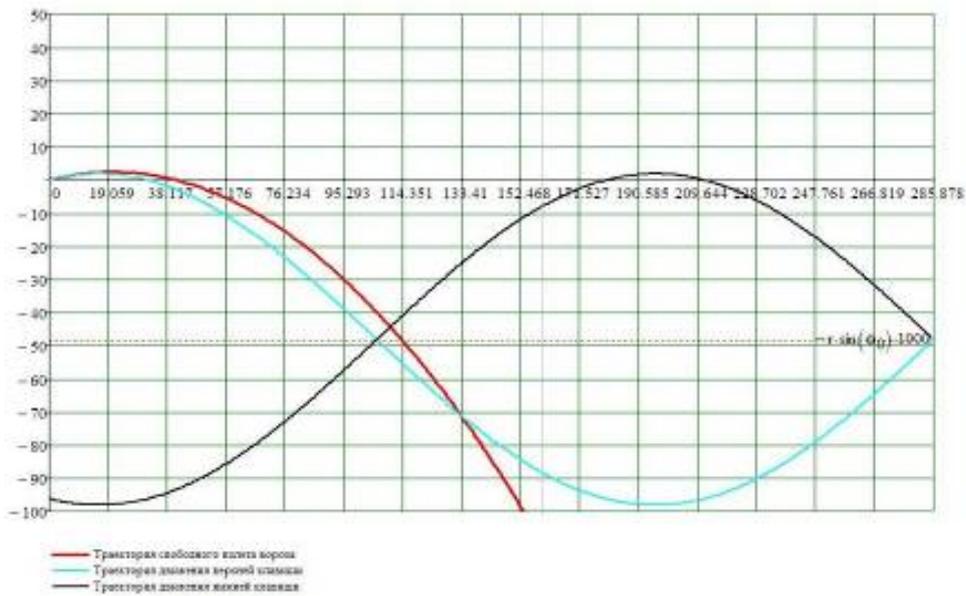


Рис. 1. Траектория свободного полета вихря, $n = 150$ об./мин

Определение свободного полета вихря при оборотах коленчатого вала = 190 об./мин.

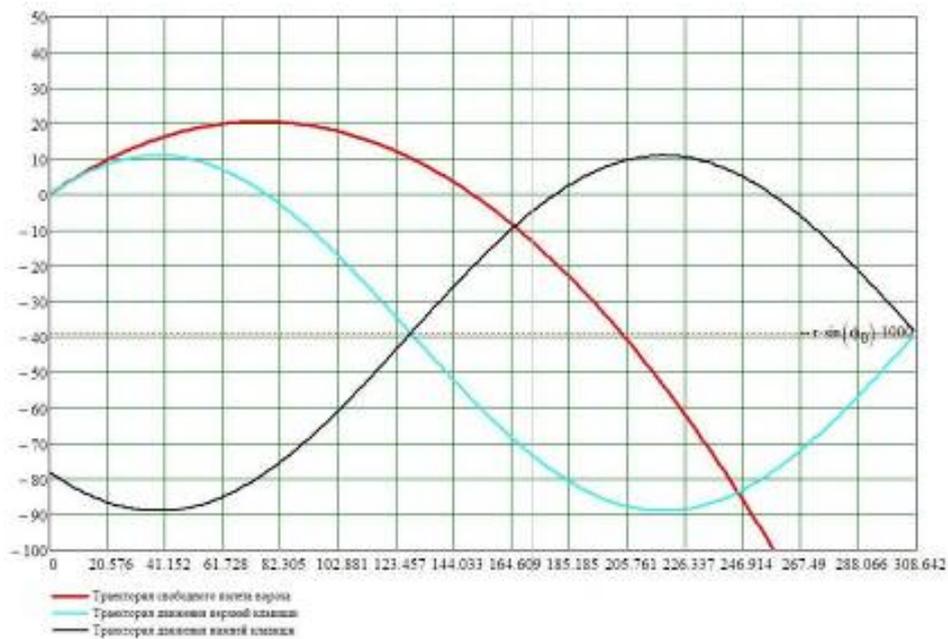


Рис. 2. Траектория свободного полета вихря, $n = 190$ об./мин

Определение свободного полета вихря при оборотах коленчатого вала ≥ 230 об./мин.

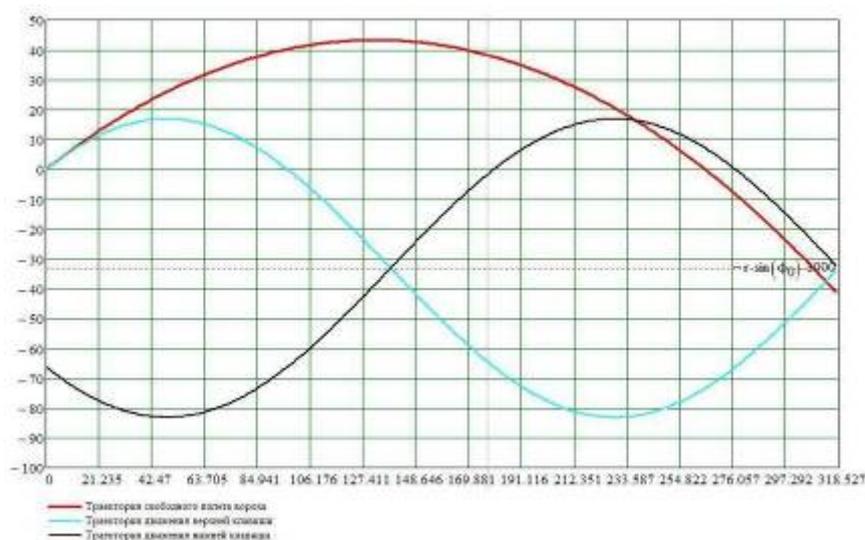


Рис. 3. Траектория свободного полета вороха, $n \geq 230$ об./мин

Результаты расчетов влияния разных частот вращения вала солоотряса на траекторию свободного полета вороха

Частота вращения вала, об./мин	Коэффициент кинематического режима работы, k	Угол поворота вала, при котором нач. отрыв вороха, град	Угол полета вороха, с клавиши солоотряса, град	Скорость движения вороха, м/с
150	1,25	74	32	0,785
190	2,01	51	55	0,995
240	2,95	41	65	1,204

Анализируя данные графики, можно сделать следующие выводы: 1. Оптимальные обороты вала солоотряса составляют 175–195 об./мин, при таких оборотах порция соломистого вороха соударяется с клавишей в начальной фазе подъема клавиши (рис. 2), что обеспечивает наиболее качественное рыхление соломистой массы и тем самым улучшает условия просеивания зерна через солоmistую решетку, при таких оборотах солоотряс успевает впускать соломистый ворох, потери зерна не выходят за рамки установленных. 2. При уменьшении оборотов до 150 и ниже (рис. 1) соударения не происходит, однако времени по нахождению соломистой массы на солоотрясе достаточно для того, чтобы зерно успело просеиваться, но существует вероятность забивания соломи молотильного аппарата, скорость перемещения соломистого вороха падает, это влияет на снижение производительности. 3. При увеличении оборотов до 230 и более происходит перелет соломистого вороха над клавишей в результате подбрасывания вороха из-за больших оборотов, соломистый ворох касается клавиши в момент ее опускания (рис. 3), при этом не происходит интенсивного выделения зерна из соломистой массы. Потери зерна будут расти, так как оно не будет успевать просеиваться.

Литература

1. Трубилин, Е. И. Машины для уборки с/х культур : учеб. пособие / Е. И. Трубилин, В. А. Абликов. – 2-е изд., перераб. и доп. – КГАУ, Краснодар, 2010. – 325 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ПОКРЫТИЙ ИЗ ЧУГУННОЙ БОРИРОВАННОЙ ДРОБИ****И. Ю. Орешко***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель В. М. Быстренков

В настоящее время перспективным направлением в машиностроении являются исследования, направленные на получение материалов с высокими механическими свойствами при минимальных материальных и энергетических затратах. Такие материалы можно получить при использовании такой технологии, как диффузионное насыщение поверхностного слоя материала при нагреве в соответствующей среде.

Объектом исследования является конструкционная сталь 45 с наплавленной на ее поверхность чугушной дробью. Для получения покрытия использовали технологию борирования. Процесс насыщения порошка проводили в среде карбида бора (B_4C), при температуре $900\text{ }^\circ\text{C}$ и выдержкой 5 ч.

Экспериментальный образец представляет собой пластину с размерами в поперечном сечении $10 \times 10\text{ мм}^2$, что дает возможность исследовать распределение микротвердости. В испытываемую поверхность вдавливали алмазную пирамиду под нагрузкой 2 Н и расстояниями между уколами 100 мкм.

Важной характеристикой всех покрытий является микротвердость. Это дает возможность оценки твердости отдельных фаз и структурных составляющих, что немаловажно при решении металлургических задач и чего нельзя сделать другими методами. Микротвердость позволяет, наряду с качественным микроскопическим изучением, оценивать свойства микроучастков. Прибор, используемый для определения микротвердости (ПМТ-3), состоит из механизма для вдавливания алмазной пирамиды под небольшой нагрузкой и металлографического микроскопа.

После наплавления и кристаллизации покрытие имеет дендритную структуру, что связано с различной скоростью охлаждения расплава, вследствие чего образуются микро–макропоры.

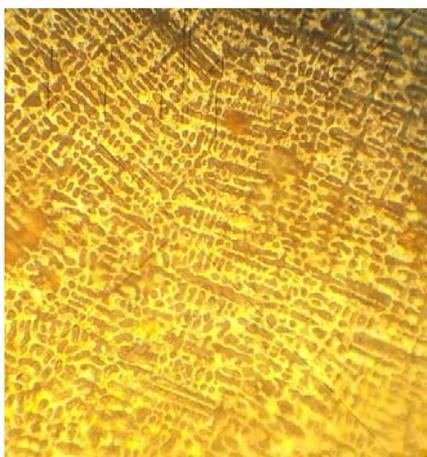


Рис. 1. Дендритная структура покрытия, $\times 50$



Рис. 2. Микропоры и пузыри в структуре покрытия, $\times 100$

Стоит отметить, что покрытие обладает высокой износостойкостью, коррозионной стойкостью, окалиностойкостью и теплостойкостью, а также высокой твердостью (900–1200 HV) и в отличие от борированной стали имеет большую толщину упрочненного слоя. Также удалось избавиться от недостатка борированных слоев, а именно от их высокой хрупкости.

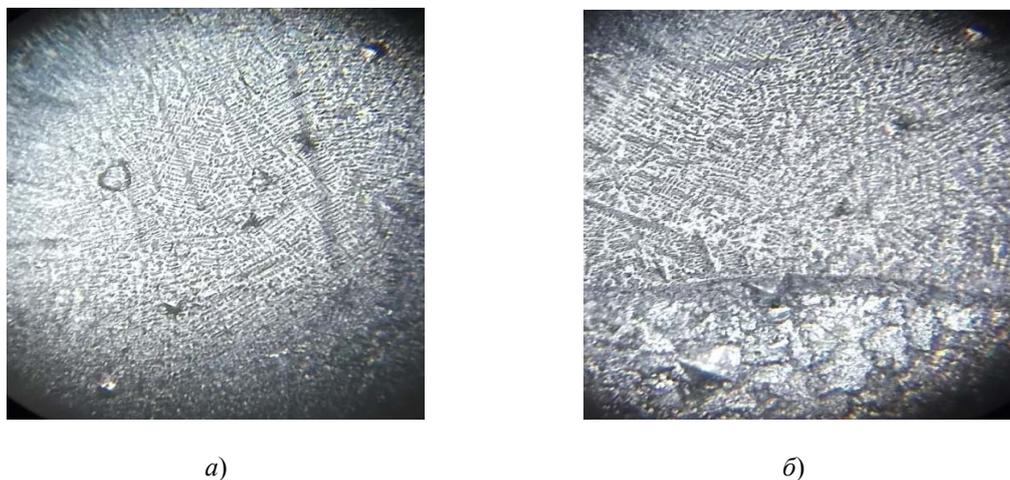


Рис. 3. Микротвердость исследуемого покрытия (а, б) $\times 50$

Результаты полученных измерений диагоналей отпечатков сведены в таблицу.

Результаты исследования микротвердости

Номер отпечатка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_1 мкм	57	65	50	59	56	67	58	60	63	58
d_2 мкм	54	56	53	59	57	56	57	58	59	59
d_{cp} , мкм	55,5	60,5	51,5	59	56,5	61,5	57,5	59	61	58,5
HV	1050	880	1250	900	1000	890	940	890	880	950

Полученные результаты подвергли обработке и получили, что средняя твердость покрытия по всей поверхности составляет 1040 HV. Высокую микротвердость покрытия можно объяснить высоким содержанием бора вследствие длительной выдержки в печи.

Отличительной особенностью данного покрытия является то, что твердость сохраняет свое значение на всю глубину, вне зависимости от толщины наплавленных слоев. Стоит отметить, что поверхностный слой подложки также упрочнился. Объясняется это тем, что при наплавке покрытия произошла термическая обработка металла и внедрение фазы покрытия в фазу металла, что заметно на рис. 3, б.

Результаты исследований показали, что применение борирования при упрочнении чугуновой дроби позволяет сформировать одинаковые по структуре и свойствам упрочненные слои по всей поверхности материала.

Таким образом, предложенное покрытие на основе борированной чугуновой дроби обладает высокой твердостью, износостойкостью, а также является технологичным в изготовлении и использовании.

Литература

1. Лахтин, Ю. М. Материаловедение : учеб. для высш. техн. учеб. заведений / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1990. – 528 с. : ил.
2. Лахтин, Ю. М. Химико-термическая обработка металлов / Ю. М. Лахтин, Б. Н. Арзамасов. – М. : Металлургия, 1985. – 256 с.

МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕХАНИЗМА НАГРУЖЕНИЯ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

А. А. Рюмцев

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

Научный руководитель Ю. Е. Кирпиченко

При испытаниях на трение и износ одним из основных условий сохранения необходимого уровня достоверности результатов является точная пригонка образцов к истирающим цилиндрическим поверхностям. Если не принимать для этого специальных мер, то почти неизбежно возникают перекос и неравномерное изнашивание образца, не характерное для узлов трения машин и механизмов. До настоящего времени еще не полностью изучен вопрос о распределении сил трения по поверхности трущихся образцов. При малых углах охвата неравномерностью их распределения возможно пренебрегать. При углах охвата свыше 40° эта возможность отпадает и анализ явления весьма осложняется.

Недостатком механизма нагружения, изображенного на рис. 1, являлось недостаточно полное прилегание образцов в процессе испытаний и, как следствие, неравномерность изнашивания.

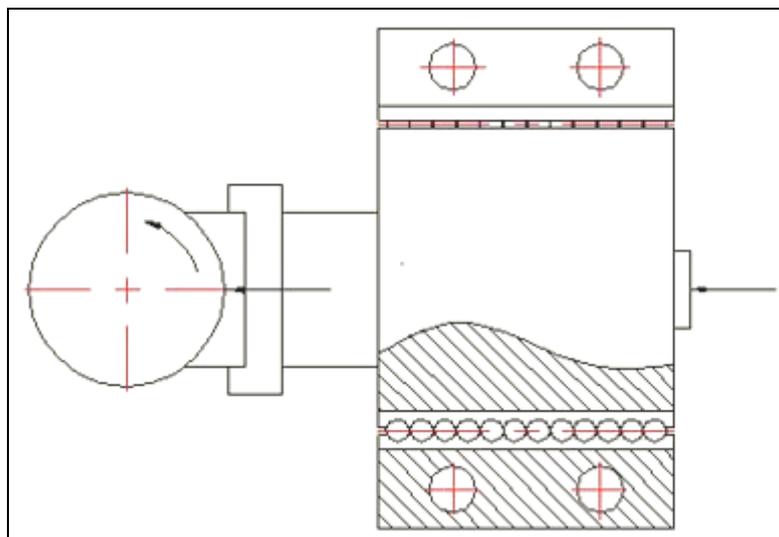


Рис. 1. Схема нагружающего устройства

Задачей настоящей работы являлось введение в структурную схему механизма нагружения дополнительных элементов и соответствующая конструктивная увязка сопрягаемых элементов для достижения стабильности полноты контакта образца с контртелом в ходе испытания.

Перекося образец при испытаниях и его одностороннее истирание возможно свести к минимуму, если образец будет самоустанавливаться по отношению к истирающей цилиндрической поверхности. Для этого необходимо обеспечить возможность углового смещения образца относительно геометрической оси истирающей цилиндрической поверхности кольца.

Нагружающее устройство для испытательной машины, содержащее основание, корпус, размещенный в направляющих с подшипниками качения, держатель образца и груз, согласно полезной модели, направляющие с подшипниками качения закреплены параллельно основанию, в корпусе выполнены пазы параллельно направляющим для размещения штоков и емкость, заполненная гидропластмассой, связывающей внутренние концы штоков, при этом внешние концы штоков, предназначенные для контакта с держателем образца, выполнены в виде конической и эвольвентной формы, а в держателе образца выполнены опорные поверхности в соответствии с формой внешних концов штоков.

На рис. 2 представлена схема нагружающего устройства.

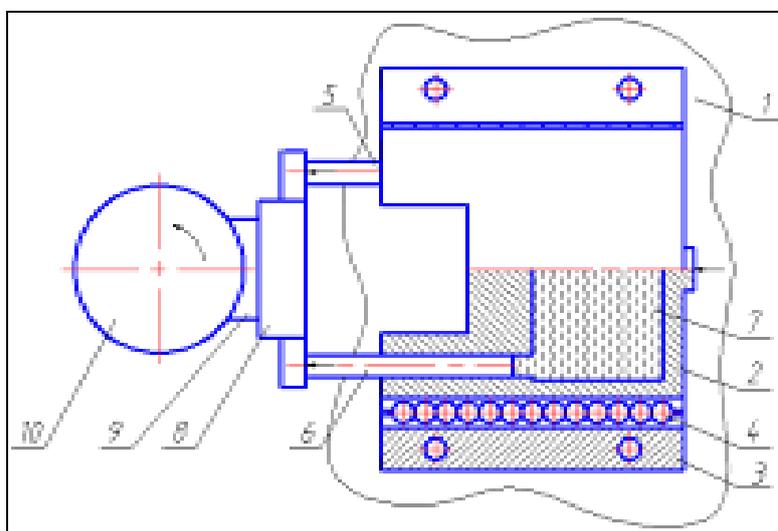


Рис. 2. Схема модернизированного нагружающего устройства

Устройство содержит основание 1, корпус 2, размещенный в направляющих 3 с линейными подшипниками 4 качения, закрепленных на основании 1, взаимосвязанные штоки 5, 6 размещены параллельно друг другу в корпусе 2, полость которого заполнена гидропластмассой 7. Внешний конец штока 5 выполнен в виде эвольвентной формы, внешний конец штока 6 выполнен в виде конической формы и контактирующие с ними опорные поверхности на держателе 8 образца 9 выполнены в виде соответствующей формы. Образец 9 и контртело 10 образуют пару трения.

Устройство работает следующим образом.

Держатель 8 образца 9 приставляют к контртелу 10, размещая его между контртелом 10 и штоками 5, 6, предварительно отведя от него корпус 2 по направляющим 3. Удерживая держатель 8 образца, перемещают корпус 2 до контакта внешних концов штоков 5, 6 с держателем 8 образца по опорным поверхностям, нагружая образец. При этом перекося корпуса 2 сводится к минимуму вследствие трения качения используемых линейных подшипников 4 качения. При угловом смещении образца 9 шток 5 уменьшает длину своего вылета из корпуса 2, при этом шток 6, связанный с ним через гидропласт-

массу 7, расположенную в полости корпуса 2, увеличивает длину своего вылета, обеспечивая самоустановление образца 9. Внешний конец штока 6 имеет конический конец, контактирующий с опорной поверхностью, а внешний конец штока 5 имеет эвольвентный профиль, что при контакте с опорной поверхностью эвольвентной формы держателя 8 образца 9 создает высшую кинематическую пару, что обеспечивает постоянство направления приложения усилия от штока 5.

Достижение стабильности полноты контакта образца с контртелом обеспечивается благодаря осуществлению взаимодействия штоков через гидропластмассу и заявленным формам их внешних концов, контактирующих с соответствующими опорными поверхностями на держателе образца, в частности эвольвентный профиль, что при контакте с эвольвентной опорной поверхностью держателя образца создает высшую кинематическую пару, что обеспечивает постоянство приложения усилия от штока.

Испытательное оборудование УИПТЭТ-1. Основные технические данные:

- схема трибологического контакта: пара щеток – контактное кольцо;
- геометрические размеры образцов:
 - щетка: длина – 10...15 мм; сечение – 5×5 мм;
 - контактное кольцо: диаметр – 60 мм; ширина – 10...15 мм;
 - нагрузка на щетку – 2.5...25 Н (давление 0.1...1 МПа);
- угловая скорость кольца – 150...900 об./мин (линейная скорость – 0,5...3 м/с);
- сила тока через контакт – 0,1...20 А (плотность тока – 10...80 А/см²);
- условия испытаний: без смазки;
- измеряемые характеристики: сила трения, падение напряжения на пару щеток;
- цифровая индикация параметров: число оборотов и угловая скорость контактного кольца, сила тока.

Проведенные экспериментальные исследования на макете трибометра показали эффективность разработанной конструкции устройства нагружения.

Внешний вид нагружающего механизма представлен на рис. 3.



Рис. 3. Внешний вид модернизированного нагружающего механизма

Таким образом, нагружающее устройство для испытательной машины обеспечивает стабильность полноты контакта образца с контртелом, повышение точности измерений.

АНАЛИЗ СКОРОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛАВИШНОГО СОЛОМОТРЯСА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ЗЕРНА

Ф. А. Лупеев

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

Научный руководитель С. И. Кириллук

Соломотряс – рабочий орган зерноуборочного комбайна, предназначенный для выделения вымолоченного зерна из соломы и транспортирования ее к выходу из молотилки. Он обеспечивает интенсивное перетряхивание соломы.

Зерноуборочный комбайн КЗС-1218 снабжен клавишным двухвальным соломотрясом из пяти клавиш. Каждая клавиша имеет несколько ступенек (каскадов), закрытых сверху чешуйчатыми решетками. Клавиши смонтированы на двух коленчатых валах и совершают плоскопараллельное движение.

Кинематику клавиш соломотряса характеризует кинематический режим:

$$k = \frac{\omega^2 r}{g},$$

где ω – угловая скорость вращения коленчатого вала; r – радиус колена вала. Увеличение скорости вращения ω вала приводит к возрастанию скорости перемещения соломы по соломотрясу. Экспериментально установлено, что от показателя k кинематического режима работы соломотряса во многом зависит качественный показатель выделения зерна из грубого вороха. Для четырехклавишных соломотрясов рекомендуется принимать $k = 2,2 \dots 2,6$ и пятиклавишных – $k = 1,1 \dots 1,5$. При этих режимах грубый ворох подбрасывается клавишами и перетряхивается, что способствует более интенсивному выделению зерна из вороха. Фаза отрыва соломы от соломотряса определяется из выражения

$$\sin \omega t_0 = \frac{\cos \alpha}{k} C,$$

где $C = 1,2 \dots 1,8$ – коэффициент, учитывающий запаздывание подбрасывание вороха.

Коэффициент C возрастает с увеличением показателя режима k . Расчет длины соломотряса производится исходя из допустимых им потерь зерна в виде схода его вместе с соломой. Сход зерна с соломотряса (потери) определяется уравнением

$$q_n = q_e e^{-\mu L},$$

где q_n – сход зерна, кг/с; q_e – количество зерна, поступающего на соломотряс, кг/с; e – основание натурального логарифма; L – длина соломотряса, м; μ – коэффициент сепарации. Решая уравнения относительно L и после соответствующих подстановок, получаем уравнение для расчета длины соломотряса:

$$L = \frac{1}{\mu_0} \cdot \ln \frac{(1-\varepsilon)100}{\rho} = \frac{1}{0,0018} \cdot \ln \frac{(1-0,05)100}{0,25} = 330 \text{ см},$$

где $\varepsilon = 0,05$ – коэффициент сепарации зерна декой; ρ – процент допустимых потерь соломотрясом ($\rho = 0,25$ %) грубого вороха; α – угол наклона клавиш к горизонту.

Уравнения движения соломы описываются следующим образом:

$$x = \omega r \cdot \sin \omega \cdot t_0 t - \frac{g t^2}{2} \sin \alpha;$$

$$y = \omega r \cdot \cos \omega \cdot t_0 t - \frac{g \cdot t^2}{2} \cos \alpha.$$

Для построения точек 1, 2, 3 и т. д. траектории необходимо задаться значениями времени t с интервалами $t = 0,03 \dots 0,04 = 0,03$ с и произвести расчет по выше приведенным уравнениям. Принимаем при расчете для нашего комбайна $t_0 = 1$, частота вращения вала соломотряса комбайна КЗС-1218 $n = 269,4$ об./мин, радиус кривошипа $r = 50$ мм, $\alpha = 45^\circ$, $\omega = 28,2$ рад/с. По результатам расчета построим график, (рис. 1), показывающий движение соломы с остатками зерна по соломотрясу.

При пятиклавишном соломотрясе две группы клавиш расположены на коленчатом валу через 180° . Солома подбрасывается одной группой клавиш (двумя–тремя), а падает на вторую. Поэтому после того, как клавиши пройдут ось коленчатого вала, начинается отсчет времени для второй поднимающейся группы и т. д.

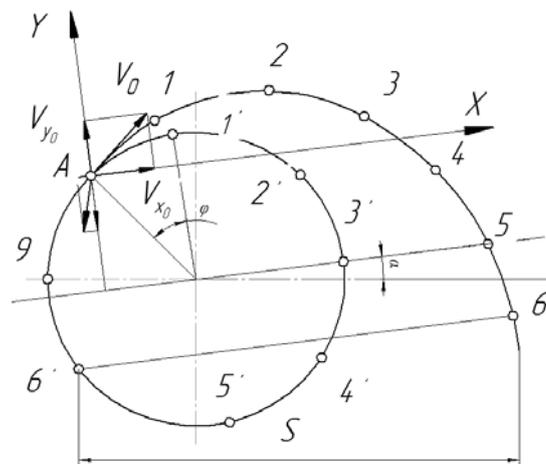


Рис. 1. Дальность перемещения соломы за одно подбрасывание

Определим среднюю скорость перемещения соломы по соломотрясу:

$$v_{cp} = S \frac{\omega}{2\pi} = 0,816 \frac{28,212}{2 \cdot \pi} = 0,366 \text{ м/с.}$$

Определяем толщину слоя соломы на соломотрясе:

$$h = \frac{q(1-\delta)}{B v_{cp} \gamma} = \frac{12(1-0,32)}{1,5 \cdot 0,366 \cdot 20} = 0,74 \text{ м,}$$

где $\delta = 10 \dots 20$ кг/м³ – удельный вес вороха.

Определяем коэффициент сепарации:

$$\mu = \mu_0 \left(\frac{h_0}{h} \right)^m = 0,0018 \left(\frac{0,2}{0,74} \right)^{1,2} = 0,0004 ; 1/\text{см},$$

где $m = 0,8 \dots 1,2$, большие значения относятся к тяжелым условиям, меньшие – к легким. Опытным путем установлено что, при высоте вороха $h_0 = 200$ мм коэффициент сепарации равен $\mu_0 = 0,018, 1/\text{см}$.

Процесс сепарации зерна из слоя соломы практически одинаков для различных типов соломотрясов, а именно: сначала зерно просеивается через непрерывно изменяющуюся пространственную решетку соломы, а затем – через решетку соломотряса. Соломотрясы различных типов отличаются лишь способами образования пространственной решетки соломы и характером ее движения по соломотрясу.

Наиболее трудным моментом в выделении зерна является проход его через решетку соломы.

Зерно будет испытывать меньшее сопротивление и сравнительно быстро будет проходить через решетку соломы, если расстояние между стеблями будет большое.

За один оборот коленчатого вала клавишного соломотряса создаются условия, при которых слой соломы делается менее плотным, т. е. выполняется необходимое требование для прохода зерна через решетку соломы.

Эксперименты показали, что чем меньше частота вращения коленчатого вала соломотряса, тем выше просеиваемость зерна. Однако при этом уменьшается скорость перемещения соломы к выходу из молотилки и возможно ее забивание соломой.

При повышении частоты вращения коленчатого вала скорость соломы вдоль клавиши увеличивается, но ухудшается сепарация зерна.

В существующих двухвальных клавишных соломотрясах оптимальная частота вращения вала при радиусе колена 50 мм 190–290 об./мин.

Предлагается с целью повышения производительности соломотряса и качества сепарации, а также уменьшения энергозатрат на сепарацию ввести в конструкцию дополнительный барабан (рис. 2) с сепарирующими пальцами, который бы разрыхлял и разрывал поток соломы. Это позволит оставшимся зернам легче проходить через решетку соломы и тем самым более качественно осуществлять сепарацию зерна от соломы. При этом нужно учитывать, что линейная скорость пальцев этого барабана должна быть больше скорости движения потока соломы. Направление скоростей движения соломы по соломотрясу и окружной скорости барабана должно совпадать.

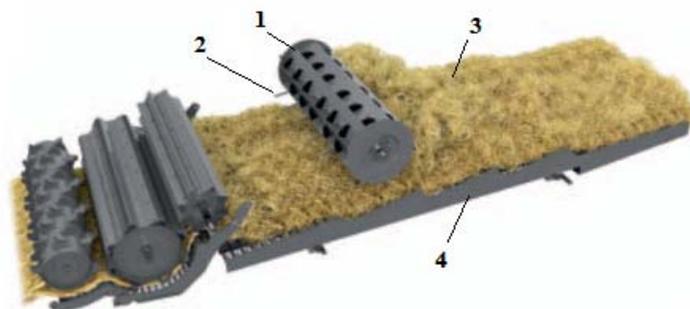


Рис. 2. Соломотряс с сепарирующим барабаном:
1 – барабан; 2 – сепарирующий палец; 3 – разрыхленная солома;
4 – клавиши соломотряса

Таким образом, можно сделать следующие выводы: для каждой культуры, учитывая ее характеристики, варьируя скорость вращения кривошипа, можно было бы выбирать оптимальную (например, для ржи устанавливать скорость несколько большую, чем для овса или ячменя). При введении в конструкцию разрыхлителя потока соломы, а также при использовании более длинных клавишах соломотряса можно добиться наибольшей производительности даже при меньших скоростях вращения кривошипа соломотряса. Уменьшение частоты вращения коленчатого вала соломотряса позволит снизить энергоемкость процесса, не потеряв в качестве очистки.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ТРАКТА САМОХОДНОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ КВК-800

М. В. Жевжик

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

Научный руководитель В. Б. Попов

Основная задача конструктора – создание агрегата, наиболее полно отвечающего потребностям народного хозяйства, дающего наибольший экономический эффект и обладающего наиболее высокими технико-экономическими и эксплуатационными показателями.

Выполняя данную задачу, была осуществлена модернизация технологического тракта КВК-800, суть которой заключалась в изменении формы приемной камеры с целью дальнейшего выпрямления технологического тракта (рис. 1). Выпрямлен поддон ускорителя выброса для дальнейшего оснащения его пружинами (рис. 2).

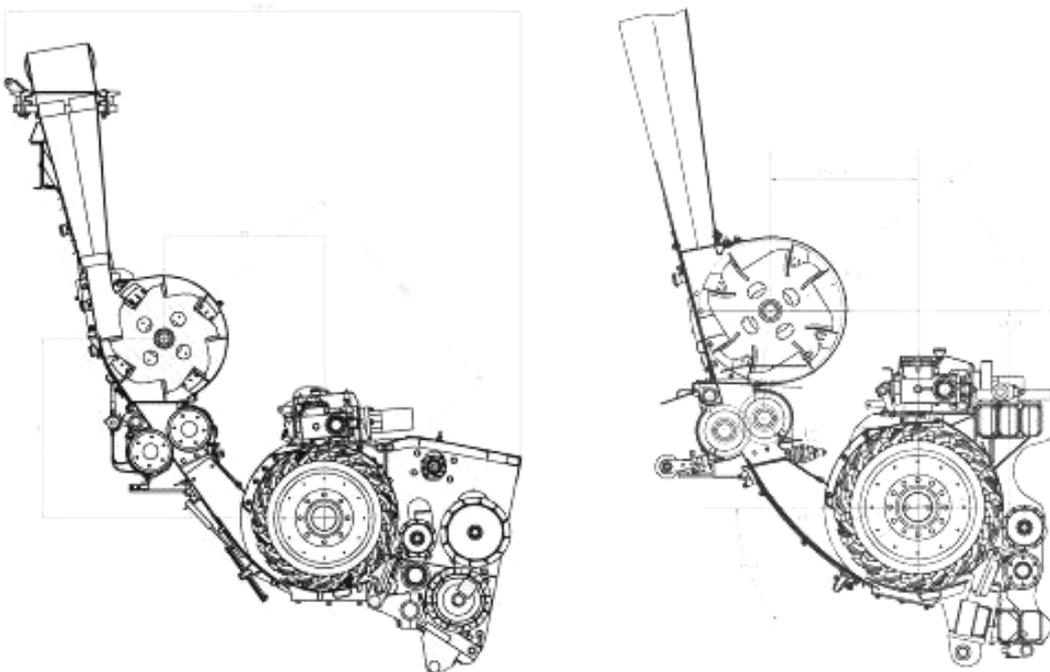


Рис. 1. Технологический тракт комбайна КВК-800 до и после модернизации

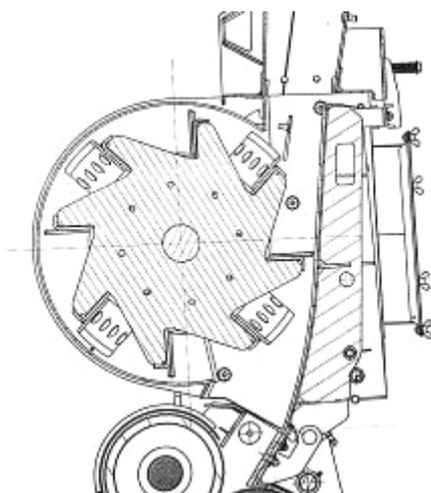


Рис. 2. Подпружиненный поддон ускорителя выброса

Данная модернизация обоснована теоретически, доказав свою актуальность в техническом и экономическом планах.

С технической точки зрения уменьшатся время прохождения массы от измельчающего барабана до ускорителя выброса и силы трения о стенки и о днище ускорителя выброса, что уменьшит потребляемую мощность.

Для максимальной экономии энергии ускорителя выброса измельченную массу следует подавать в определенное место лопасти, что позволит выполнить полный сброс массы. Момент схода частицы с лопасти находят для расчета выброса материала в трубопровод, так как не полностью выброшенная порция материала увлекается лопастью вторично в кругооборот, что снижает коэффициент полезного действия ускорителя выброса. Для вычисления момента полного сброса материала с лопасти по дифференциальному уравнению (1) важно точно знать момент и место подачи материала на лопасть, а это, как видно из рис. 3, определить очень трудно. Чтобы увеличить точность подачи массы на лопасти, была изменена форма технологического тракта. Таким образом, масса доставляется по днищу тракта под действием сил инерции.

$$u = \frac{x_2}{x_2 - x_1} u_1 e^{x_1 t} \pm \frac{x_1}{x_1 - x_2} u_1 e^{x_2 t}, \quad (1)$$

где $x_1 = (-f + \sqrt{f^2 + 1})\omega$, $x_2 = (-f - \sqrt{f^2 + 1})\omega$; f – коэффициент трения; u_1 – координата точки начала движения частицы; t – время поворота рабочего колеса.

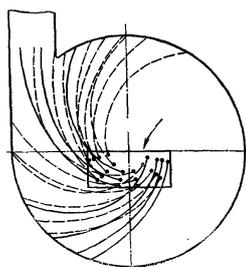


Рис. 3. Теоретические траектории движения частиц в зависимости от места их входа в ускоритель выброса

Измельченный материал достигает лопасти ускорителя выброса, перемещаясь по ней под влиянием центробежной силы, прижимается к поддону, образуя между стенкой поддона и лопастью компактную порцию, форма которой близка к форме трехгранной призмы (рис. 4). Дальнейшее движение указанной порции сопровождается ее трением о поверхность поддона, при этом, если масса не была полностью сброшена, она продолжит двигаться по поверхности кожуха, существенно снижая КПД ускорителя.

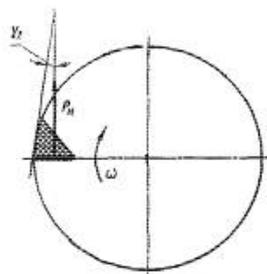


Рис. 4. Форма измельченной массы на лопасти ускорителя

Работа A_k , затрачиваемая на преодоление сопротивления движению материала по стенке кожуха, зависит от длины l дуги кожуха, по которой должен быть перемещен материал:

$$A_k = Fl = \psi \frac{2\pi R}{360^\circ} F,$$

где ψ – центральный угол дуги кожуха, на который необходимо переместить материал; R – радиус кожуха.

Сила F для лопаток с углом наклона к цилиндрической образующей ускорителя $\tau = 0$:

$$F = fC = f m \omega^2 R_m,$$

где C – центробежная сила порции измельченной массы $C = m \omega^2 R_m$; f – коэффициент трения массы; m – масса порции; ω – угловая скорость ускорителя выброса; R_m – радиус центра масс порции.

Сила F для лопаток с углом наклона к цилиндрической образующей ускорителя τ , отличным от нуля:

$$F = f C \sin \tau = f m \omega^2 R_m \sin \tau.$$

Отсюда видно, что, уменьшая длину дуги, получаем уменьшение энергии, затрачиваемой на преодоление сил трения.

После модернизации поддон ускорителя выброса перестал иметь цилиндрический контур, что позволило существенно уменьшить силы трения массы о стенки, а соответственно, мощность, затрачиваемую на транспортирование массы.

Перед оптимизацией приема измельченной массы лопастями ускорителя выброса при помощи ЭВМ для начала нужно создать стенд для определения коэффициентов трения и свойств порции измельченной массы.

С экономической точки зрения уменьшение энергоемкости приводит к экономии топлива, а уменьшение сил трения приводит к увеличению срока службы стираемых элементов, уменьшению времени в ремонте.

Литература

1. Резник, Н. Е. Силосоуборочные комбайны / Н. Е. Резник. – М. : Гос. науч.-техн. изд-во машиностр. лит., 1958. – 283 с.
2. Резник, Н. Е. Кормоуборочные комбайны / Н. Е. Резник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1980. – 375 с.

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО КОНИЧЕСКО-ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА

А. В. Печенев

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

Научный руководитель А. В. Голопятин

Большинство реальных инженерных задач по своей сути многокритериальны. Но их решение предполагает особую математическую постановку задачи, а также использование соответствующего метода исследования пространства внутренних параметров [1]. Поэтому чаще задача оптимизации решается сведением многокритериальной оптимизации к однокритериальной с помощью целевой функции. Данный способ уступает в результативности многокритериальной оптимизации, поскольку носит более субъективный характер.

Целевая функция учитывает критерии оптимальности, заменяя их векторную природу скалярным значением целевой функции. При этом каждый из критериев приобретает влияние, соответствующее своему коэффициенту значимости, которые выбирает инженер-проектировщик – чем важнее критерий, тем больше коэффициент значимости. Целевая функция вычисляется по формуле

$$\text{ЦФ} = f(Y_1, Y_2, Y_3) = k_1 Y_1 + k_2 Y_2 + \dots + k_n Y_n,$$

где k_1, k_2, k_n – коэффициенты значимости критериев (сумма коэффициентов равна 1).

В результате сведения многокритериальной задачи к однокритериальной теряется часть интересных решений [2]. Поэтому в данной работе сделана попытка представить многокритериальную постановку задачи.

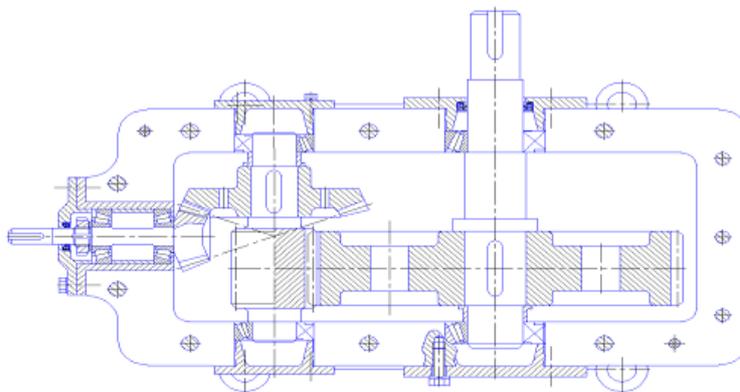


Рис. 1. Редуктор двухступенчатый коническо-цилиндрический

Постановка и решение задачи многокритериальной оптимизации на примере снижения веса и повышения равнопрочности двухступенчатого редуктора

Оптимизируемые (управляемые) параметры:

1. Передаточное отношение первой ступени: $2,5 \leq U_1 \leq 4,0$.
2. Отношение ширины венца к межосевому расстоянию для первой ступени: $0,2 \leq \psi_{ba1} \leq 0,4$.
3. Внешний окружной модуль для конической передачи: $2,0 \leq m_2 \leq 3,0$.

Функциональные ограничения:

1. Величина допускаемого отклонения при вычислении передаточного числа для конической передачи.
2. Величина допускаемых контактных напряжений для цилиндрической передачи.
3. Проверка зубьев на выносливость по напряжениям изгиба для конической передачи.
4. Прочностные возможности по контактной выносливости для цилиндрической передачи.
5. Прочностные возможности по выносливости на изгиб для цилиндрической передачи.

Критерии оптимальности:

1. $1 - \frac{\sigma_{R1}}{\sigma_{HP1}} \rightarrow \min$, где σ_{R1} – реальные контактные напряжения первой ступени; σ_{HP1} – предельные контактные напряжения первой ступени.
2. $1 - \frac{\sigma_{R2}}{\sigma_{HP2}} \rightarrow \min$, где σ_{R2} – реальные контактные напряжения второй ступени; σ_{HP2} – предельные контактные напряжения второй ступени.
3. $\left| \frac{\sigma_{P1}}{\sigma_{H1}} - \frac{\sigma_{P2}}{\sigma_{H2}} \right| \rightarrow 0$ – равнопрочность ступеней редуктора.

Многокритериальная оптимизация

Пространство, ограниченное управляемыми параметрами, образует 4-мерный гиперпараллелепипед, оси которого разбиваются на отрезки при помощи равномерно распределенной последовательности точек; последовательность позволяет наиболее равномерно назначать точки, представляющие вектор управляемых параметров, и обеспечивает эффективное зондирование многомерного пространства. Исследование области допустимых решений в пространстве управляемых параметров из множества всех возможных позволило выделить подмножество «хороших» вариантов, представленных в виде таблицы испытаний. Таким образом, в пространстве множества управляемых параметров, путем отбрасывания точек, не удовлетворяющих функциональным ограничениям, было выделено подмножество решений (опытов), которые сведены в табл. 1.

Таблица 1

Множество решений

Номер опыта	$F1$	$F2$	$F3$
16	0,99733	0,94229	0,05504
1	1,00128	0,92347	0,07780
13	1,01867	1,00698	0,01169
8	1,02548	0,92960	0,09587
5	1,00647	0,96807	0,03839
4	1,00722	0,97102	0,03621
10	1,00998	0,98453	0,02545
7	1,01146	0,98059	0,03086
3	1,01152	0,94156	0,06996
11	1,01375	0,96197	0,05178
16	1,01830	0,98820	0,03010
9	1,01872	0,99136	0,02736

На основе полученных данных с помощью программы Pareto был выполнен поиск точек, расположенных на аналоге компромиссной кривой, представляющей собой 4-мерную гиперповерхность. Результаты поиска представлены в табл. 2.

Таблица 2

Множество Парето

Номер опыта	$Y1$	$Y2$	$Y3$
1	0,25	3,06	0,24
3	0,35	3,63	0,28
4	0,34	2,25	0,24
5	0,32	3,13	0,21
7	0,38	3,75	0,21
9	0,37	3,38	0,24

Анализируя разные номера опытов (точек), можно отметить, что, улучшая значение одного из критериев, мы одновременно ухудшаем значения других. Очевидно, что не существует такого набора параметров, который одновременно оптимизировал бы все критерии. Однако существуют способы, позволяющие уменьшить число эффективных точек.

Если в пространстве критериев (табл. 2) ввести «идеальную» точку, представляющую сочетание наилучших значений критериев, взятых из разных опытов, то получим:

Таблица 3

Координаты «идеальной» точки

Y1	Y2	Y3
0,25	2,25	0,28

В результате можно выбрать наилучший вариант, оценивая его по удалению от «идеальной» точки.

Таблица 4

Решение задачи путем сравнения расстояния до «идеальной» точки

Номер опыта	Y1	Y2	Y3	Расстояние
9	0,37	3,38	0,24	1,13
1	0,25	3,06	0,24	1,56
3	0,35	3,63	0,28	1,74

Если для каждого критерия ввести одинаковую функцию полезности и соответствующий ей весовой коэффициент, общая сумма которых равна 1, то среди полученных вариантов можно выделить наилучший.

Таблица 5

Решение задачи с использованием весовых коэффициентов

Номер опыта	Y1	Y2	Y3	F(Y)M
1	0,25	3,06	0,24	4,74
4	0,34	2,25	0,24	4,47
6	0,30	2,38	0,29	4,38

Оценка полученных данных позволяет заключить, что оптимальным при заданных условиях будет вариант № 1, оптимальные управляемые параметры для редуктора.

Следует отметить, что ввод вышеупомянутых весовых коэффициентов увеличивает субъективность выбора оптимального варианта и ее можно понизить, если конструктор, обладая дополнительной информацией, может расположить критерии по степени их важности.

Вывод

Представленная методика позволяет выбрать оптимальные параметры двухступенчатого коническо-цилиндрического редуктора на раннем этапе проектирования с/х техники.

Литература

1. Соболев, И. М. Выборы оптимальных параметров в задачах со многими критериями / И. М. Соболев, Р. Б. Статников. – М. : Наука, 1985. – 107 с.
2. Попов, В. Б. Принятие решений при автоматизированном проектировании типовых зубчатых редукторов / В. Б. Попов. – Вестн. ГГТУ им. П. О. Сухого. – 2007. – № 1. – 22–28 с.

АНАЛИЗ НАГРУЖЕННОСТИ СТУПИЦЫ БОРТОВОГО РЕДУКТОРА НА ПРИМЕРЕ ШАССИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА КЗС-1218

А. А. Гордиюк

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

Научный руководитель П. Е. Родзевич

В настоящее время на ведущих мостах тракторов устанавливаются бортовые редукторы с планетарными механизмами, достоинством которых является получение больших передаточных чисел при достаточно высоком КПД (0,96...0,97) и малых габаритных размерах.

Бортовые редукторы переднего ведущего моста трактора «Беларус-1523» (рис. 1) состоят из сдвоенного шарнира, цилиндрической зубчатой передачи (быстроходная ступень) и планетарной передачи (тихоходная ступень). Особенностью конструкции является то, что солнечная шестерня планетарного механизма и ведомое колесо цилиндрической передачи выполнены единым целым.

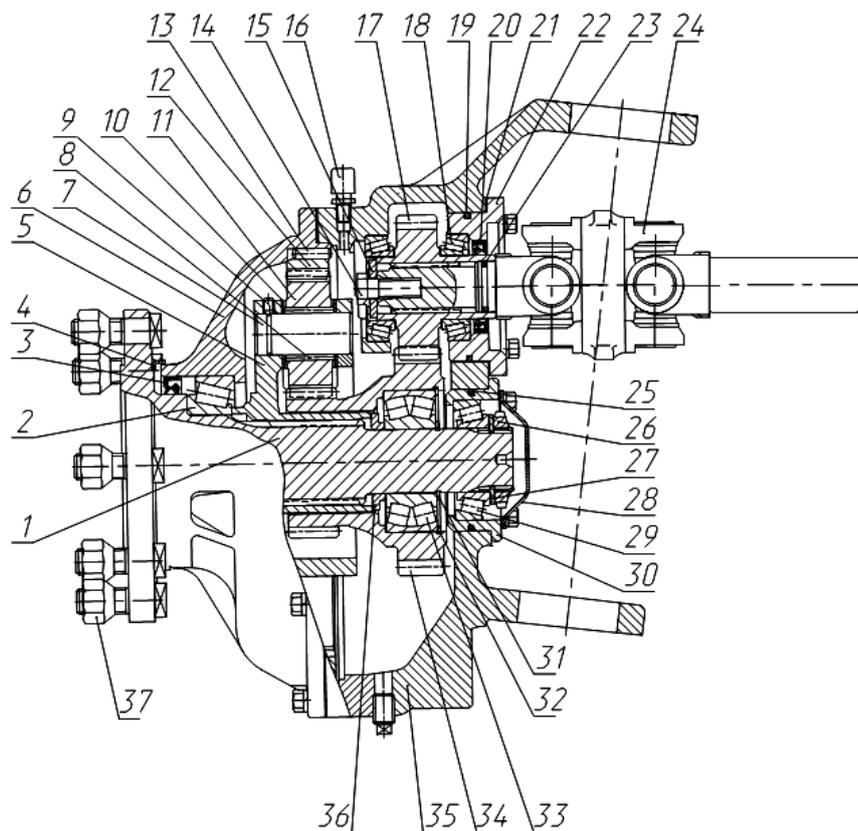


Рис. 1. Колесный редуктор переднего ведущего моста трактора «Беларус-1523»:

- 1 – фланец колеса; 2, 18, 29 – подшипники роликовые конические; 3, 20 – манжеты;
- 4 – грязевик; 5 – водило; 6 – крышка редуктора; 7 – ось сателлитов; 8 – ролики; 9 – винт;
- 10 – опорная шайба; 11 – сателлит; 12 – эпициклическая шестерня; 13 – штифт;
- 14 – болт; 15 – шайба; 16 – сапун; 17 – шестерня ведущая; 19, 23, 25 – кольца резиновые;
- 21 – прокладки регулировочные; 22 – стакан ведущей шестерни; 24 – шарнир сдвоенный универсальный; 26 – гайка; 27 – шайба; 28 – крышка; 30 – стакан;
- 31, 32 – кольца стопорные; 33 – подшипник роликовый конический двухрядный;
- 34 – блок шестерен; 35 – корпус редуктора; 36 – кольцо; 37 – гайка колеса

Бортовой редуктор шасси зерноуборочного комбайна КЗС-1218 (рис. 2) также представляет собой двухступенчатый цилиндрическо-планетарный редуктор, быстросходная ступень которого выполнена в виде цилиндрической прямозубой пары зубчатых колес, тихоходная – в виде планетарного механизма.

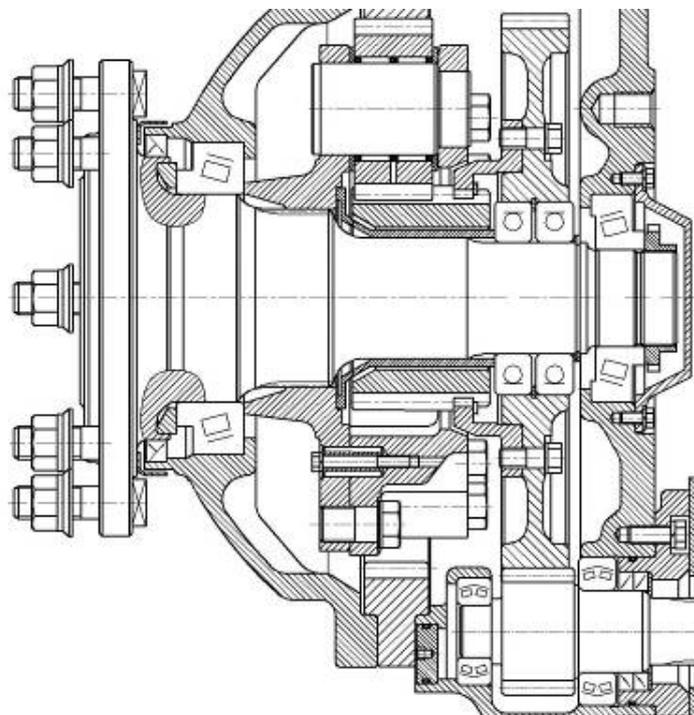


Рис. 2. Привод выходного вала бортового редуктора

Анализ конструкций показывает, что ось колеса, являющаяся выходным валом бортового редуктора, выполняется в виде консоли.

Рассмотрим расчетную схему нагруженности оси колеса с учетом движения комбайна полной массы на уклоне 8° на стерне и грунтовом участке дороги. Схема нагруженности ведущего моста комбайна представлена на рис. 3.

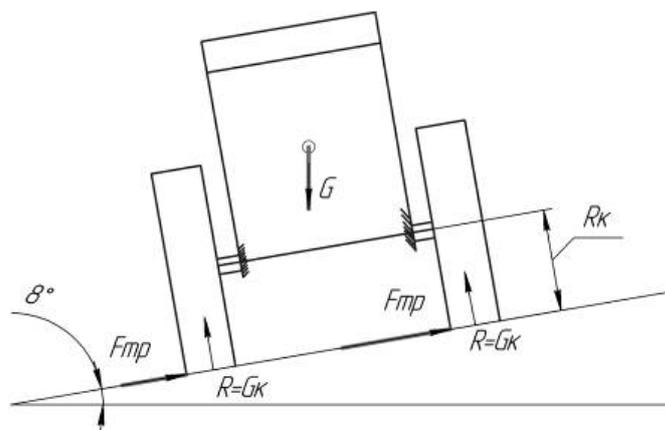


Рис. 3. Силы, действующие на выходной вал:
 G – вес комбайна; R – реакция дороги; G_k – вес, приходящийся на одно колесо; $F_{тр}$ – сила трения скольжения

На каждое колесо действует реакция дороги, сила трения скольжения и касательная сила тяги. Наиболее нагруженными элементами каждого колесного редуктора являются левая и правая оси колес. На рис. 4 представлены расчетные схемы нагружения левой и правой оси колес.

Схемы нагрузок, приложенных к правой и левой оси, приведены на рис. 4.

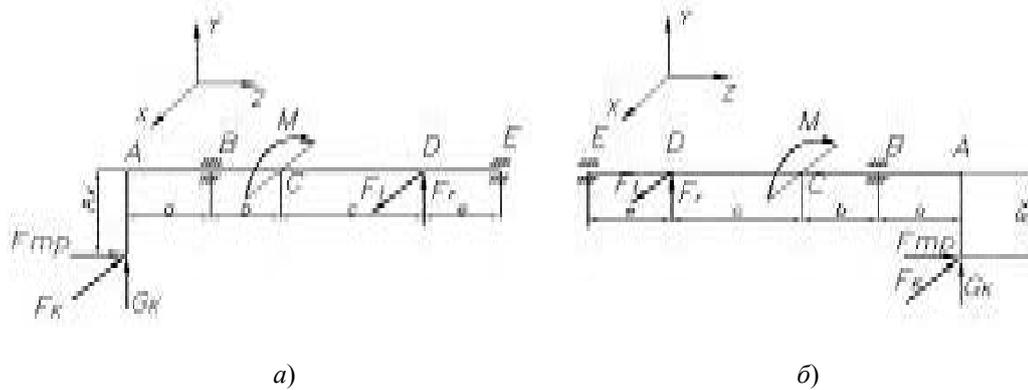


Рис. 4. Схема нагрузок, приложенных к осям колес:
а – левая ось; б – правая ось

Изгибающие моменты в сечениях B левой и правой оси колеса выразим через вес G_k , приходящийся на одно колесо.

$$M_{\text{Верт}}^{\text{лев}} = -F_{\text{мп}} R_k + Ra = -fG_k R_k + G_k a = G_k (-fR_k + a),$$

$$M_{\text{Верт}}^{\text{пр}} = F_{\text{мп}} R_k + Ra = fG_k R_k + G_k a = G_k (fR_k + a).$$

$$F_{\text{мп}} = fG_k; \quad R = G_k.$$

$$M_{\text{Вгор}}^{\text{лев}} = M_{\text{Вгор}}^{\text{пр}} = \varphi G_k a.$$

$$\begin{aligned} M_{\Sigma B}^{\text{лев}} &= \sqrt{M_{\text{Вгор}}^2 + M_{\text{Верт}}^2} = \sqrt{(G_k (-fR_k + a))^2 + (\varphi a)^2 G_k^2} = \\ &= G_k \sqrt{(-fR_k + a)^2 + (\varphi a)^2}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\Sigma B}^{\text{пр}} &= \sqrt{M_{\text{Вгор}}^2 + M_{\text{Верт}}^2} = \sqrt{(G_k (fR_k + a))^2 + ((\varphi a)^2 G_k^2)} = \\ &= G_k \sqrt{(fR_k + a)^2 + (\varphi a)^2}. \end{aligned}$$

Приняв радиус качения колеса $R_k = 0,764$ м, длину консоли $a = 0,077$ м, коэффициенты сцепления φ и сопротивления качению f при движении по стерне и грунтовой дороге, определим изгибающие моменты на опоре B . Результаты расчетов представлены в таблице.

	φ	f	$M_{\Sigma B}^{\text{лев}}$	$M_{\Sigma B}^{\text{пр}}$
Стерня	0,6...0,8	0,08...0,10	$0,0545G_k$	$0,155G_k$
Грунтовая дорога	0,6...0,8	0,03...0,05	$0,07115G_k$	$0,120G_k$

Выводы

Результаты расчетов показывают, что наиболее нагруженной будет являться ось колеса, расположенная выше по склону, так как на нее в вертикальной плоскости будет действовать суммарный изгибающий момент от реакции дороги $R = G_k$ и силы трения скольжения $F_{\text{тр}}$. На левой оси колеса в сечении B моменты от реакции дороги и силы трения друг друга компенсируют.

Литература

1. Барский, И. Б. Конструирование и расчет тракторов / И. Б. Барский. – 3-е изд. – М., 1980.
2. Биргер, И. А. Соппротивление материалов / И. А. Биргер, Р. Р. Мавлютов. – 2-е изд. – М., 1986.

ВЛИЯНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ И ДИНАМИЧЕСКОЙ НЕУРАВНОВЕШЕННОСТИ ЦЕНТРИФУГИ С УЧЕТОМ ГИРОСКОПИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

Н. Н. Куренков, Я. И. Лавренко

*Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт»*

Научный руководитель А. Е. Бабенко

В современных технологических процессах используются высокоскоростные центрифуги, при динамических процессах, возникающих в них, существенную роль играют гироскопические эффекты и их статическая и динамическая несбалансированность [1], [2]. В настоящей работе разработана методика их учета. Сначала рассмотрим сбалансированную центрифугу, в которой проявляется влияние гироскопических эффектов.

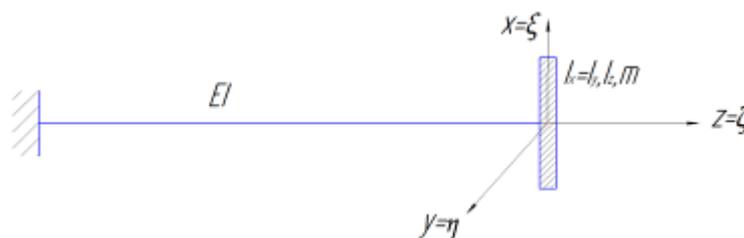


Рис. 1. Модель центрифуги

Свяжем с центром масс диска две системы координат – подвижную (x, y, z) и неподвижную (ξ, η, ζ) .

Система имеет 5 степеней свободы – 2 перемещения центра масс по осям ξ, η и 3 угла поворота диска относительно главных центральных осей, связанных с осями

ξ, η, ζ соответствующими углами (рис. 2). В связи с тем что угол закручивания мал, потенциальная энергия закручивания не учитывалась.

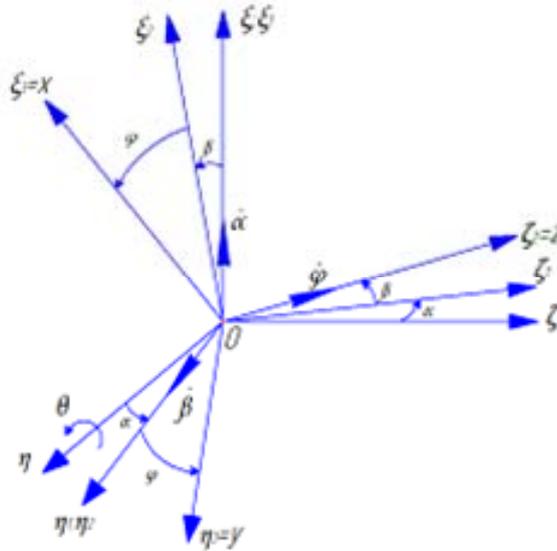


Рис. 2. Углы поворота диска

Для определения движения центрифуги используются уравнения Лагранжа второго рода. Для их использования выражаем потенциальную и кинетическую энергию через параметры центрифуги:

$$K = \frac{1}{2}m(\dot{\xi}^2 + \dot{\eta}^2) + \frac{1}{2}I(\dot{\theta}^2 + \dot{\alpha}^2) + \frac{1}{2}I_z(\dot{\phi} + \dot{\alpha}\theta)^2,$$

$$\Pi = \frac{1}{2}c_{11}(\xi^2 + \eta^2) + \frac{1}{2}c_{22}(\theta^2 + \alpha^2) + \frac{1}{2}c_{11}(\xi\theta + \eta\alpha).$$

Получаем систему дифференциальных уравнений:

$$m\ddot{\xi} + c_{11}\xi + c_{12}\theta = 0;$$

$$m\ddot{\eta} + c_{11}\eta + c_{12}\alpha = 0;$$

$$I\ddot{\alpha} + c_{22}\alpha + I_z\omega\dot{\theta} + c_{12}\eta = 0;$$

$$I\ddot{\theta} + c_{22}\alpha + I_z\omega\dot{\alpha} + c_{12}\xi = 0.$$

Решение ищем в виде периодических функций. Получаем систему однородных уравнений относительно амплитуд. Приравняв детерминант данной системы нулю, получаем характеристическое уравнение для определения собственных частот:

$$(mp^2 - c_{11})(Ip^2 - c_{22} - I_z\omega p) - c_{12}^2 = 0.$$

Значения собственных частот зависят от угловой скорости вращения ω (рис. 3).

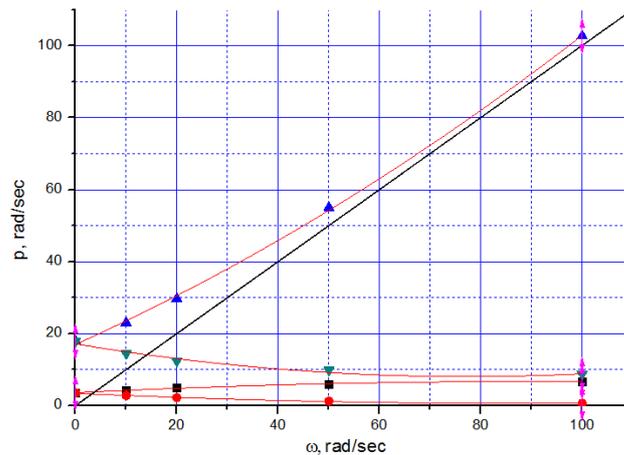


Рис. 3. Диаграмма Кэмпбелла

В качестве примера были использованы параметры центрифуги PICO 21. При отсутствии вращения собственные частоты имеют следующие значения: $p_1 = 3,55$ рад/с, $p_2 = 17,86$ рад/с. Как видно с графика, в зависимости от направления вращения и значения угловой скорости вращения меняются значения собственных частот и резонанс наступает в других точках. При положительном вращении $\omega > 0$, собственные частоты увеличиваются, при $\omega < 0$ – уменьшаются. Если провести из нуля прямую линию под 45° к осям, т. е. когда $p = \omega$, то пересечения будут при следующих значениях частот: $\omega_1 = 3,30$ рад/с, $\omega_2 = 3,84$ рад/с, $\omega_3 = 13,58$ рад/с. Это и есть истинные значения частот, при которых наступает резонанс.

Частым явлением на практике наблюдается также неточная сборка вращающихся элементов или наличие погрешностей в геометрии, что влечет за собой возникновение дисбаланса при вращении.

Учитывая дисбаланс, дифференциальные уравнения примут следующий вид:

$$\begin{aligned} m\ddot{\xi} + c_{11}\dot{\xi} + c_{12}\theta &= m\omega^2 e \cdot \cos \omega t; \\ m\ddot{\eta} + c_{11}\dot{\eta} + c_{12}\alpha &= m\omega^2 e \cdot \sin \omega t; \\ I\ddot{\alpha} + c_{22}\dot{\alpha} + I_z\omega\dot{\theta} + c_{12}\eta &= I\gamma\omega^2 \cdot \cos \omega t; \\ I\ddot{\theta} + c_{22}\dot{\theta} + I_z\omega\dot{\alpha} + c_{12}\xi &= I\gamma\omega^2 \cdot \sin \omega t, \end{aligned}$$

где e и γ – смещение центра масс и угол поворота главных центральных осей относительно осей вращения, соответственно.

Таким образом, мы имеем дело с вынужденными колебаниями системы. Решение для перемещений и углов поворота имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \xi &= A \sin pt + K_1 \sin \omega t + K_2 \cos \omega t + e \cdot \cos \omega t; \\ \eta &= A \cos pt + L_1 \sin \omega t + L_2 \cos \omega t + e \cdot \sin \omega t; \\ \alpha &= B \cos pt + M_1 \sin \omega t + M_2 \cos \omega t + \gamma \cdot \cos \omega t; \\ \theta &= B \sin pt + N_1 \sin \omega t + N_2 \cos \omega t + \gamma \cdot \sin \omega t. \end{aligned}$$

Подставляя данные выражения в систему дифференциальных уравнений, получим значения амплитуд (K_i, L_i, M_i, N_i), которые будут зависеть от величины ω (рис. 4).

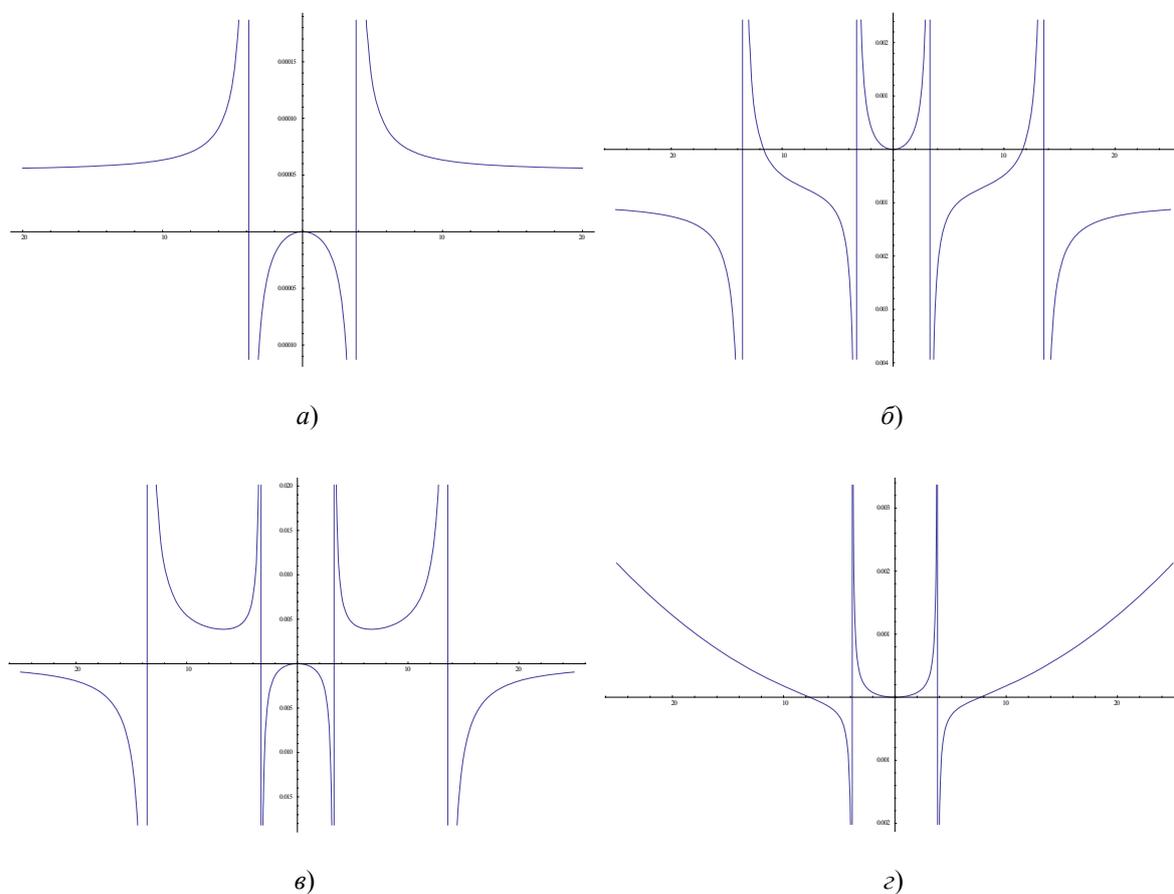


Рис. 4. АЧХ для амплитудных коэффициентов
(а – $K_1 = L_2$; б – $K_2 = L_1$; в – $M_1 = N_2$; г – $M_2 = N_1$)

Разрыв происходит в точках $\omega_1 = 3,30$ рад/с, $\omega_2 = 3,84$ рад/с и $\omega_3 = 13,58$ рад/с, что совпадает со значениями, полученными при $p = \omega$.

Вывод

1. Таким образом, разработана методика, которая позволяет учесть такие факторы, как гироскопический эффект, а также динамический и статический дисбаланс.
2. Получены частоты, при которых возникает резонанс.
3. Найдены три резонансные частоты вместо двух, которые дают стандартные методы вычисления.
4. Значения полученных частот отличны от частот, которые дают стандартные методы вычисления без учета гироскопического эффекта.

Литература

1. Fischer, J. Stability Analyses of High Speed lab centrifuges considering internal damping in rotor shafts / J. Fischer, J. Strackeljan. – Technische Mechanik, Band 26, Heft 2. – 2006. – P. 131–147.
2. Бабенко, А. С. Вплив гіроскопічних ефектів на коливання валу центрифуги / А. С. Бабенко, Я. І. Лавренко, М. М. Куренков // Вісн. НТУУ «КПІ», Машинобудування. – К. : НТУУ «КПІ». – 2013. – Вип. 65. – С. 166–174.

ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**О. И. Меркулова***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель С. Л. Авакян

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) – тепловой двигатель, в котором топливо сгорает непосредственно в рабочей камере (*внутри*) двигателя. Как любая другая тепловая машина, ДВС преобразует теплоту сгорания топлива в механическую работу.

Первый практически пригодный двухтактный газовый ДВС был сконструирован бельгийским изобретателем Этьеном Ленуаром (1822–1900) в 1860 г. Мощность составляла 8,8 кВт (11,97 л. с.). Двигатель представлял собой одноцилиндровую горизонтальную машину двойного действия, работавшую на смеси воздуха и светильного газа с электрическим искровым зажиганием от постороннего источника. КПД двигателя не превышал 4,65 %. Несмотря на недостатки, двигатель Ленуара получил некоторое распространение. Использовался как лодочный двигатель.

Познакомившись с двигателем Ленуара, выдающийся немецкий конструктор Николаус Аугуст Отто (1832–1891) создал в 1863 г. двухтактный атмосферный двигатель внутреннего сгорания. Двигатель имел вертикальное расположение цилиндра, зажигание открытым пламенем и КПД до 15 %. Вытеснил двигатель Ленуара.

В 1876 г. Николаус Аугуст Отто построил более совершенный четырехтактный газовый двигатель внутреннего сгорания.

В 1880-х гг. Огнеслав Степанович Костович в России построил первый бензиновый карбюраторный двигатель.

В 1885 г. немецкие инженеры Готтлиб Даймлер и Вильгельм Майбах разработали легкий бензиновый карбюраторный двигатель. Даймлер и Майбах использовали его для создания первого мотоцикла в 1885, а в 1886 г. – на первом автомобиле.

Немецкий инженер Рудольф Дизель стремился повысить эффективность двигателя внутреннего сгорания и в 1897 г. предложил двигатель с воспламенением от сжатия. На заводе «Людвиг Нобель» Эммануила Людвиговича Нобеля в Петербурге в 1898–1899 гг. Густав Васильевич Тринклер усовершенствовал этот двигатель, используя бескомпрессорное распыливание топлива, что позволило применить в качестве топлива нефть. В результате бескомпрессорный двигатель внутреннего сгорания высокого сжатия с самовоспламенением стал наиболее экономичным стационарным тепловым двигателем. В 1899 г. на заводе «Людвиг Нобель» построили первый дизель в России и развернули массовое производство дизелей. Этот первый дизель имел мощность 20 л. с., один цилиндр диаметром 260 мм, ход поршня 410 мм и частоту вращения 180 об./мин. В Европе дизельный двигатель, усовершенствованный Г. В. Тринклером, получил название «русский дизель» или «Тринклер-мотор». На всемирной выставке в Париже в 1900 г. двигатель Дизеля получил главный приз. В 1902 г. Коломенский завод купил у Э. Л. Нобеля лицензию на производство дизелей и вскоре наладил массовое производство.

В 1908 г. главный инженер Коломенского завода Р. А. Корейво строит и патентует во Франции двухтактный дизель с противоположно движущимися поршнями и двумя коленвалами. Дизели Корейво стали широко использоваться на теплоходах Коломенского завода. Выпускались они и на заводах Нобелей.

В 1896 г. Чарльз В. Харт и Чарльз Парр разработали двухцилиндровый бензиновый двигатель. В 1903 г. их фирма построила 15 тракторов. Их шеститонный #3 является старейшим трактором с двигателем внутреннего сгорания в Соединенных Штатах и хранится в Смитсоновском Национальном музее американской истории в Вашингтоне, округ Колумбия. Бензиновый двухцилиндровый двигатель имел совершенно ненадежную систему зажигания и мощность 30 л. с. на холостом ходу и 18 л. с. под нагрузкой.

Первым практически пригодным трактором с двигателем внутреннего сгорания был американский трехколесный трактор Ivel Дэна Элборна 1902 г. Было построено около 500 таких легких и мощных машин.

В 1903 г. состоялся полет первого самолета братьев Орвила и Уилбура Райт. Двигатель самолета изготовил механик Чарли Тэйлор. Основные части двигателя сделали из алюминия. Двигатель Райт-Тэйлора был примитивным вариантом бензинового инжекторного двигателя.

На первом в мире теплоходе – нефтеналивной барже «Вандал», построенной в 1903 г. в России на Сормовском заводе для «Товарищества Братьев Нобель», были установлены три четырехтактных двигателя Дизеля мощностью по 120 л. с. каждый. В 1904 г. был построен теплоход «Сармат».

В 1924 г. по проекту Якова Модестовича Гаккеля на Балтийском судостроительном заводе в Ленинграде был создан тепловоз Ю^Э2 (Щ^{ЭЛ1}).

Практически одновременно в Германии по заказу СССР и по проекту профессора Ю. В. Ломоносова по личному указанию В. И. Ленина в 1924 г. на немецком заводе Эсслинген (бывш. Кесслер) близ Штутгарта построен тепловоз Ээл2 (первоначально Юэ001).

В настоящее время двигатель внутреннего сгорания является основным видом автомобильного двигателя.

Различают следующие основные типы ДВС:

- поршневой двигатель внутреннего сгорания;
- роторно-поршневой двигатель внутреннего сгорания;
- газотурбинный двигатель внутреннего сгорания.

Из представленных типов двигателей самым распространенным является поршневой ДВС, поэтому устройство и принцип работы рассмотрены на его примере.

Достоинствами поршневого двигателя внутреннего сгорания, обеспечившими его широкое применение, являются:

- автономность;
- универсальность (сочетание с различными потребителями);
- невысокая стоимость;
- компактность;
- малая масса;
- возможность быстрого запуска;
- многотопливность.

Вместе с тем двигатели внутреннего сгорания имеют ряд существенных недостатков, к которым относятся:

- высокий уровень шума;
- большая частота вращения коленчатого вала;
- токсичность отработавших газов;
- невысокий ресурс;
- низкий коэффициент полезного действия.

В зависимости от вида применяемого топлива различают следующие поршневые ДВС:

- бензиновые двигатели;
- дизельные двигатели.

Альтернативными видами топлива, используемыми в двигателях внутреннего сгорания, являются природный газ, спиртовые топлива – метанол и этанол, водород.

Поршневой двигатель внутреннего сгорания имеет следующее общее устройство:

- корпус;
- кривошипно-шатунный механизм;
- газораспределительный механизм;
- впускная система;
- топливная система;
- система зажигания (бензиновые двигатели);
- система смазки;
- система охлаждения;
- выпускная система;
- система управления.

Принцип работы двигателя внутреннего сгорания основан на эффекте теплового расширения газов, возникающего при сгорании топливно-воздушной смеси и обеспечивающего перемещение поршня в цилиндре.

Работа поршневого ДВС осуществляется циклически. Каждый рабочий цикл происходит за два оборота коленчатого вала и включает четыре такта (четырёхтактный двигатель):

- впуск;
- сжатие;
- рабочий ход;
- выпуск.

Во время тактов впуск и рабочий ход происходит движение поршня вниз, а тактов сжатие и выпуск – вверх. Рабочие циклы в каждом из цилиндров двигателя не совпадают по фазе, чем достигается равномерность работы ДВС. В некоторых конструкциях двигателей внутреннего сгорания рабочий цикл реализуется за два такта – сжатие и рабочий ход (двухтактный двигатель).

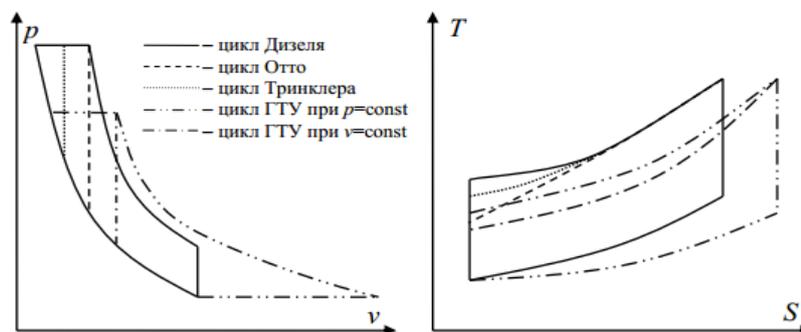


Рис. 1. Сравнительные диаграммы циклов ДВС

В качестве преобразователей тепловой энергии в механическую работу широкое применение получили поршневые двигатели внутреннего сгорания, где преобразование теплоты в работу осуществляется по трем следующим циклам:

- со сгоранием топлива при постоянном объеме ($v = \text{const}$) – цикл Отто;
- со сгоранием топлива при постоянном давлении ($p = \text{const}$) – цикл Дизеля;
- со смешанным сгоранием топлива при (частично при $v = \text{const}$ и частично при $p = \text{const}$) – цикл Тринклера.

А в свою очередь газовые турбины разделяются на два основных типа:

- газовые турбины со сгоранием при $p = \text{const}$;
- газовые турбины со сгоранием при $v = \text{const}$.

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТОКАРНОЙ НАЛАДКИ ДЛЯ СТАНКА С ЧПУ

В. Н. Харламов

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

Научный руководитель М. И. Михайлов

Целью работы является исследование напряженно-деформированного состояния (НДС) токарной наладки (сборного резца и резцедержателя) при выполнении чернового прохода при точении цилиндрической поверхности на токарно-винторезном станке с ЧПУ 16А20Ф3.

Исследование включает в себя: выбор элементов токарной наладки по действующим стандартам; построение 3D-модели наладки по выбранным стандартным параметрам, средствами пакета программы Компас-3D V14; расчет режимов резания: предварительный анализ методом конечных элементов; НДС токарной наладки без учета контактов, для выявления характера распределения напряжений, перемещений и температуры, средствами прикладной программы к Компас-3D V14 АРМ FEM; уточненный анализ методом конечных элементов НДС токарной наладки с учетом контактов для определения величины напряжений, перемещений средствами пакета программы ANSYS 14.5. а также анализ результатов и соответствующие выводы.

В качестве исходных данных были выбраны: глубина резания – 5 мм; продольная подача – 0,5 мм/об.; обрабатываемый материал – сталь 45.

В соответствии с исходными данными и моделью станка для токарной наладки были выбраны стандартные элементы, а именно:

- резец токарный проходной сборный SCLCR3225P19Q ГОСТ 29132–91, с ромбической твердосплавной пластиной ССМW-190612FR ГОСТ 27301–87;
- резцедержатель В2-50х32х55 ГОСТ 24900–81.

После выбора элементов наладки и их параметров, средствами пакета программы Компас-3D V14 была построена 3D-модель токарной наладки.

С помощью программы АРМ FEM был выполнен предварительный анализ НДС токарной наладки. Изначально наладка была нагружена силами P_z , P_y , P_x распределенными на площадку передней поверхности режущей пластины, которую образует срезаемый слой, к крепежной части наложены закрепления, имитирующие установку наладки в револьверной головке станка.

Нагруженная силами наладка была разбита на конечно-элементную сетку с шагом 2 мм (рис. 1).

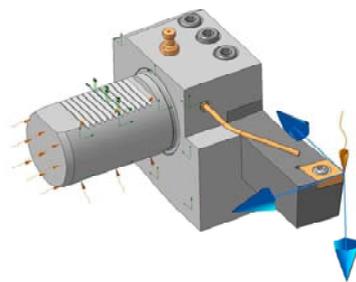


Рис. 1. Наладка с приложенными закреплениями, силами

После выполнения расчета были получены эпюры напряжений, перемещений, которые приведены на рис. 2.

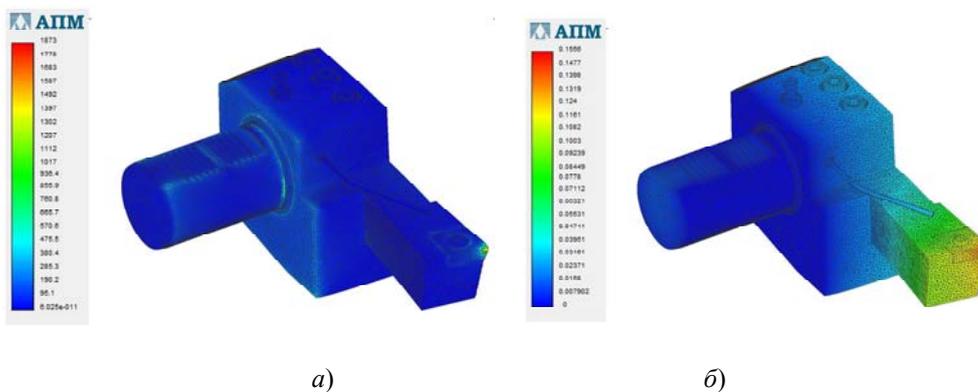


Рис. 2. Эпюры:
а – напряжений; б – перемещений

Для того чтобы определить, каким образом в наладке распределяются напряжения и перемещения, было выполнено несколько поперечных и продольных сечений по следующей схеме, показанной на рис. 3.

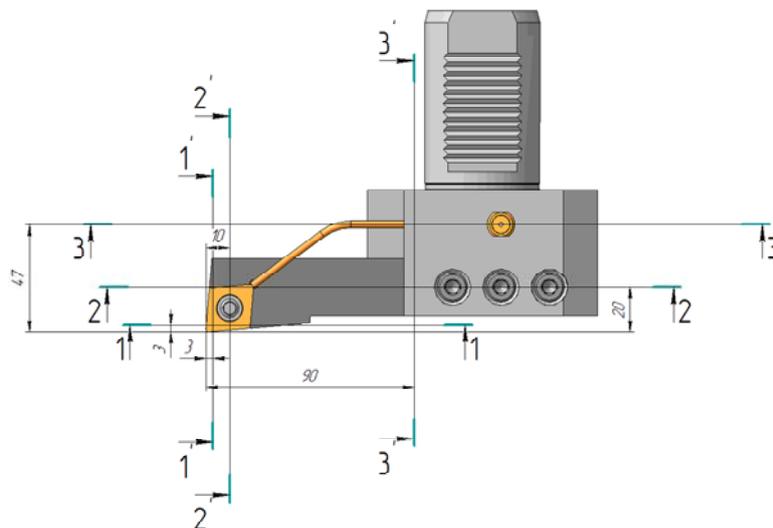


Рис. 3. Схема выполнения сечений на эпюрах

Результаты расчетов приведены на рис. 4 и 5.

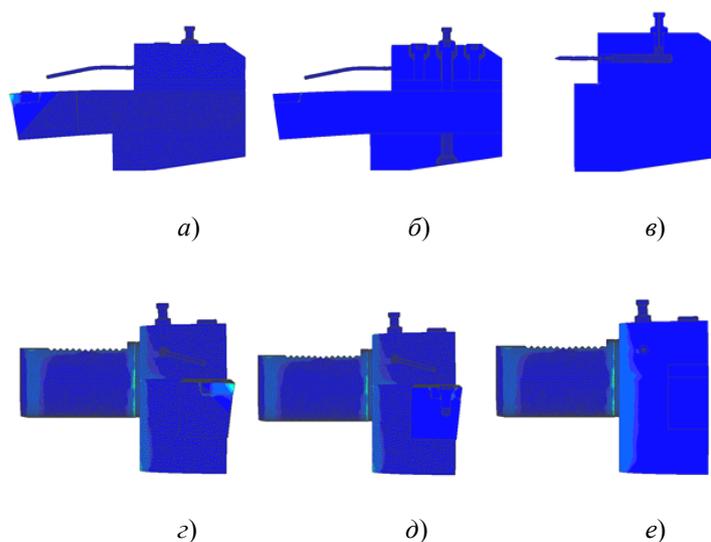


Рис. 4. Сечения эпюры напряжений:
a – сечение 1-1; *б* – сечение 2-2; *в* – сечение 3-3;
г – сечение 1'-1'; *д* – сечение 2'-2'; *е* – сечение 3'-3'

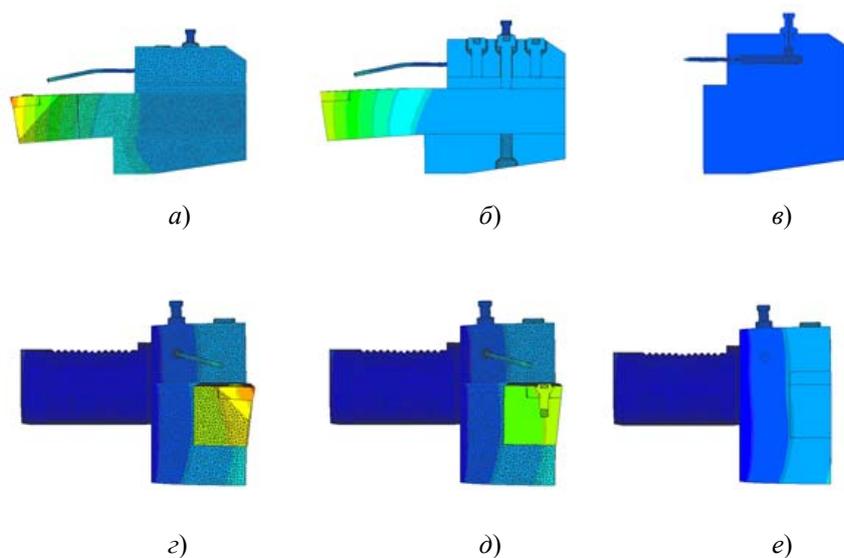


Рис. 5. Сечения эпюры перемещений:
a – сечение 1-1; *б* – сечение 2-2; *в* – сечение 3-3,
г – сечение 1'-1'; *д* – сечение 2'-2'; *е* – сечение 3'-3'

В ходе анализа сечений эпюр токарной наладки было выяснено, что напряжения в наладке распределяются не пропорционально, а концентрируются в определенных местах. Наибольшие напряжения сосредоточены в местах соединения режущей пластины с державкой резца, а также хвостовой части резцедержателя с его корпусной частью.

Перемещения в наладке распределяются пропорционально, и максимальное перемещение совершает часть режущей пластины, которая находится в контакте с обрабатываемой заготовкой.

По завершении выполнения предварительного анализа НДС токарной наладки был выполнен уточненный анализ НДС токарной наладки, с учетом контактов, средствами пакета программы ANSYS.

В ходе выполнения уточненного анализа напряженно-деформированного состояния токарной наладки было выяснено, что напряжения принимают значения от 0,0000000076 до 3246,7 МПа.

Перемещения принимают значения от 0 до 0,278 мм.

Причем наибольшие значения всех этих параметров находятся в зоне контакта режущей пластины с обрабатываемой заготовкой.

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ИНСТРУМЕНТООБЕСПЕЧЕНИЯ СТАНКОВ С ЧПУ

Н. Э. Тетерич

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

Научный руководитель М. И. Михайлов

Проблеме обеспечения надежности технологических систем уделяется высокое внимание, при этом необходимо решить ряд задач: получение оптимальной технологической системы с риском отказа системы ниже допускаемого, практическая реализация полученной структурной схемы технологической системы при проведении оптимизации.

Надежность – это свойство технологической системы находиться в работоспособном состоянии, при условии регламентных работ обслуживания и ремонта, а также обеспечения заданных режимов эксплуатации. Надежность состоит из безотказности, долговечности, ремонтпригодности, сохраняемости.

Безотказность – это свойство технологической системы сохранять свое рабочее состояние до первого отказа. Безотказность характеризуется вероятностью безотказности, наработкой на отказ, вероятностью отказа, периодом работы до отказа.

Долговечность – это свойство технологической системы сохранять свое работоспособное состояние, при условии технологического обслуживания и ремонта до его списания.

Отказ технологической системы – это прекращение ее функционирования в результате выхода из строя одного или всех элементов. Отказ может быть параметрическим и функциональным.

Параметрический отказ – это отказ, при котором в процессе эксплуатации технологической системы не обеспечивается какой-либо из параметров (точность обработки, шероховатость поверхности и т. п.).

Функциональный отказ – это отказ, при котором не выполняется какая-либо функция станка или системы. Например, невозможно обеспечить одно из движений при обработке на токарном станке.

Если произошел отказ элемента системы и он привел к отказу всей системы, то элементы в условно-структурной схеме соединены последовательно, если отказ элемента не привел к отказу всей системы, то элементы соединены параллельно.

Риск отказа системы – это риск, выражаемый в условных единицах затрат при отказе элемента технологической системы или в уровне опасности условий труда.

Интенсивность отказа – это величина, обратная наработке на отказ и характеризующая частоту отказов элемента во времени.

Наработка на отказ – это время работоспособного состояния элемента до первого отказа.

Восстановление элемента – это комплекс работ по возвращению рабочего состояния элемента для последующего его использования в системе.

Время восстановления – это промежуток времени, за который происходит комплекс работ по возвращению работоспособного состояния элемента.

Интенсивность восстановления – это величина, обратная времени восстановления и характеризующая частоту восстановления элемента во времени.

Резервирование – это процесс включения в технологическую систему элементов аналогичных тем, из которых состоит система, для введения их в работу при отказе исходных элементов системы. Резервирование подразделяется на нагруженное и ненагруженное. При нагруженном резервировании резервный элемент находится в рабочем состоянии и воспринимает нагрузку по мере отказа рабочего элемента. При ненагруженном резервировании резервный элемент находится вне рабочей зоны и вводится в рабочую зону после отказа рабочего элемента.

Резервирование может быть также полным, когда все элементы технологической системы резервируются, и неполным, когда резервируются только отдельные элементы технологической системы.

Этапы анализа системы: принимаем систему из режущих элементов, накопителей инструментов, режущей и рабочей частей инструмента

1. Составляем структурную схему на основе анализа влияния каждого элемента на вероятность безотказности системы. Принимаем, что система не ремонтируема и не резервируема. Структурная схема системы представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема технологической системы

2. Зная риск r , наработку на отказ T всех элементов системы и время работы системы t находим по формуле (1) интенсивность отказа, а по формуле (2) риск отказа системы и сравниваем его с допусковым.

$$\lambda = \frac{1}{T}; \quad (1)$$

$$R(t) = \sum_{i=1}^n \left[r_i \cdot \lambda_i \frac{(1 - e^{-\lambda_i t})}{\lambda_i} \right]. \quad (2)$$

3. Если расчетное значение риска больше допускового, производим резервирование. Для этого находим элемент, у которого риск отказа наибольший, и в схеме присоединяем еще один резервный элемент. Далее находим вероятность безотказности P и вероятность отказа Q всех элементов и рассчитываем риск отказа системы по формуле (3). При расчете принимаем во внимание, что, так как последующее состояние системы не зависит от предыдущего, вероятность безотказности подчиняется экспоненциальному закону.

$$P_1(t) = e^{-\lambda_1 t}; \quad P_2(t) = e^{-\lambda_2 t}; \quad P_3(t) = 1 - (1 - e^{-\lambda_3 t}); \quad P_4(t) = e^{-\lambda_4 t}.$$

$$R(t) = r_1 \cdot \int_0^L \frac{d}{dt} Q_1(t) \cdot P_2(t) \cdot P_3(t) \cdot P_4(t) dt + r_2 \cdot \int_0^L P_1(t) \cdot \frac{d}{dt} Q_2(t) \cdot P_3(t) \cdot P_4(t) dt + \\ + r_3 \cdot \int_0^t P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot \frac{d}{dt} Q_3(t) \cdot P_4(t) dt + r_4 \cdot \int_0^t P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot P_3(t) \cdot \frac{d}{dt} Q_4(t) dt. \quad (3)$$

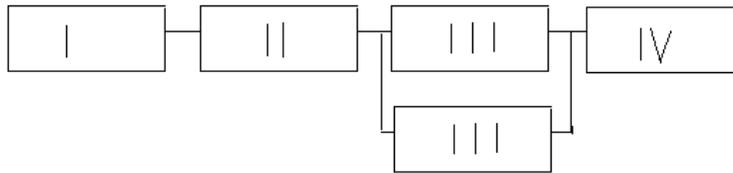


Рис. 2. Структурная схема технологической системы с одним резервным элементом

4. Сравниваем риск новой системы с допусаемым, если риск не превышает допусаемый, то система оптимизирована.

Если превышает, то резервируем снова этот же элемент до тех пор, пока риск системы не станет ниже допусаемого либо пока риск системы значительно снижается. Если риск системы начинает снижаться незначительно, то мы переходим к резервированию следующего элемента, у которого риск отказа тоже велик.

5. Достигнув необходимого значения риска, мы переходим к практической реализации полученной структурной схемы.

При практической реализации необходимо уточнить полученную структуру. При уточнении изображается либо структурная схема механизма, габаритный чертеж либо габаритная планировка в двух проекциях. По этой планировке определяются дополнительные пространственно-временные элементы, обеспечивающие работоспособность выбранной структуры. Кроме того, она корректируется из расчета габаритных размеров помещения или механизма. В качестве примера технологической системы может служить система инструментообеспечения токарного станка. Элементами этой системы являются режущая часть инструмента, рабочая часть инструмента, режущий инструмент и накопитель инструментов. В ходе проведения оптимизации данной системы необходимо по проведенным расчетам ввести резервные элементы, у которых риск отказа наибольший, и расположить их в рабочем пространстве станка либо рядом со станком в зависимости от вида резервирования (нагруженное и ненагруженное).

В процессе эксплуатации технологической системы вероятность безотказности будет снижаться. Это представлено на графике зависимости вероятности безотказности от времени работы системы.

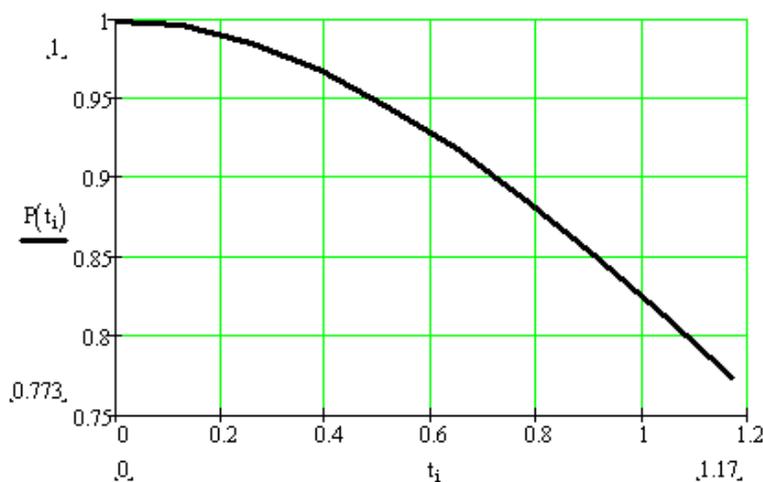


Рис. 3. График зависимости вероятности безотказности от времени работы

Выводы

После проведения оптимизации технологической системы по критерию наработки на отказ можно сделать вывод о том, что резервирование замещением имеет более простую структуру при тех же показателях, что и структурная схема с постоянным резервированием.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ «ЛЕГКИХ САПР» ДЛЯ ПОДГОТОВКИ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

А. В. Рыбакова

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

Научный руководитель В. С. Мурашко

В промышленном производстве давно царит жесткая конкуренция. Чтобы выжить в этих нелегких условиях, предприятиям приходится как можно быстрее выпускать новые изделия, снижать их себестоимость и повышать качество. В этом им помогают современные системы автоматизированного проектирования (САПР), позволяющие облегчить весь цикл разработки изделий – от выработки концепции до создания опытного образца и запуска его в производство. Тем самым значительно ускоряется процесс создания новой продукции без ущерба качеству. Поэтому сейчас без САПР не обходится ни одно конструкторское или промышленное предприятие. И хотя на долю указанных систем приходится лишь около 3 % рынка программного обеспечения (ПО), они играют очень важную роль, поскольку помогают создавать товары, без которых невозможно представить нашу повседневную жизнь: автомобили, самолеты, бытовые приборы, промышленное оборудование и, следовательно, являются одной из движущих сил современной промышленности и мировой экономики.

Термин «САПР для машиностроения» в наше время обычно используют в тех случаях, когда речь идет о пакетах программ, которые в англоязычной терминологии называются CAD/CAM/CAE. Другими словами, это ПО для автоматизированного проектирования (CAD), подготовки производства (CAM) и инженерного анализа (CAE).

Идея автоматизировать проектирование зародилась в конце 50-х гг. прошлого века, почти одновременно с появлением коммерческих компьютеров.

Наиболее бурное развитие САПР происходило в 90-х гг., когда Intel выпустила процессор PentiumPro, а Microsoft – систему Windows NT. В результате сложилось существующее и поныне деление САПР на три класса: тяжелый, средний и легкий.

Легкие системы предназначены для черчения, а также для двумерного и трехмерного геометрического каркасного моделирования (рис. 1 и 2). Обычно они не включают дополнительные приложения и не имеют встроенных средств управления инженерными данными. С их помощью можно создавать небольшие сборки и отдельные детали.

Первая чертежная система Sketchpad была создана еще в начале 60-х гг., а затем появилось немало других продуктов такого рода, использующих достижения компьютерной графики. Пионером в этой области стала компания Autodesk, которая в 1983 г. выпустила САПР для ПК под названием AutoCAD. В 1984 г. фирма Bentley представила программу Microstation, которая стала основным конкурентом AutoCAD'a. Кроме них сейчас существует множество других «легких» САПР, включая DataCAD одноименной компании, TurboCAD фирмы IMSI, SurfCAM от Surfware и др. Эти продукты проще и дешевле (100–4000 дол.) тяжелых и средних САПР, поэтому пользуются спросом. В результате «легкие» системы стали самым распространенным продуктом автоматизации проектирования.

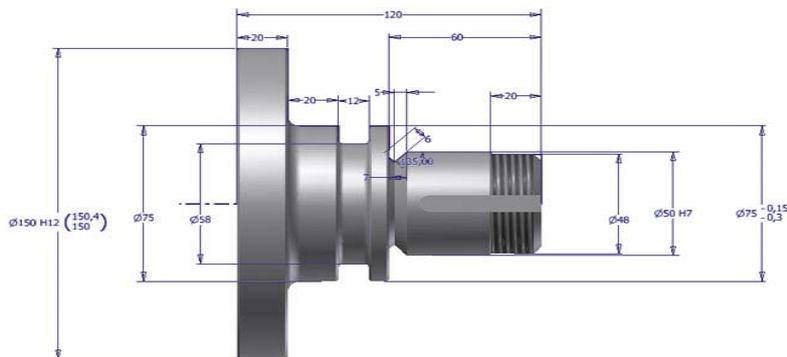


Рис. 1. Пример детали, выполненной в AutoCAD

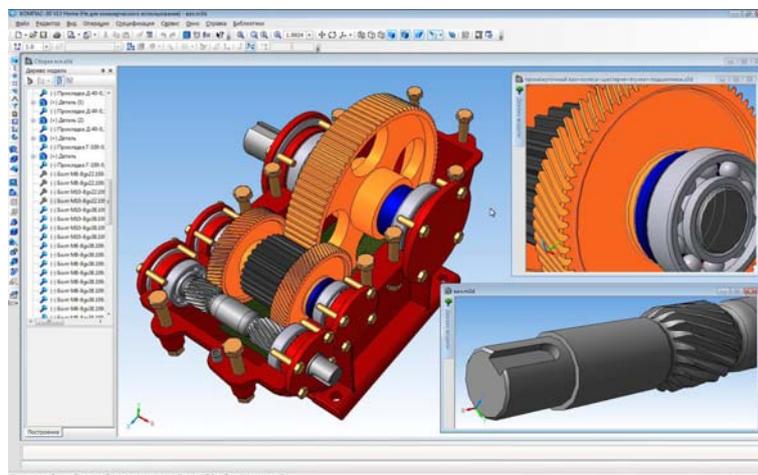


Рис. 2. Пример редуктора, выполненного в программе «Компас 3D»

Можно выделить основные требования к САД/САМ-системам.

1. Система должна быть открытой, т. е. пользователь должен иметь возможность настраивать и надстраивать систему в зависимости от своих нужд.
2. Система должна работать со стандартными протоколами обмена и хранения информации. Для САПР наиболее характерны в этом случае поддержка форматов DXF, TIFF, PCX, DBF, стандартов IGES, SAT.
3. Обязательна поддержка ЕСКД (для конструкторских САПР).
4. Крайне желательно наличие функций моделирования и параметрического проектирования.
5. Желательно, чтобы система функционировала на различных аппаратных и программных платформах.
6. Системой должна поддерживаться работа над проектом в многопользовательском режиме.
7. Необходима интеграция САПР в единую систему электронного документооборота и архива предприятия.
8. САПР должна автоматизировать работу. Инструменты САПР должны экономить ваше время.
9. САПР должна иметь память.
10. САПР должна окупать себя.

Данный сравнительный анализ САД/САМ-систем был выполнен для машиностроительного предприятия с целью решения задачи о повышении производительности работы конструкторского бюро по выпуску конструкторской и технологической документации.

Рассматривались следующие САД/САМ-системы: AutoCAD, ZWCAD, Bricscad, Компас, 3DTransVidia, CadMECH, SCAD.

Результаты сравнительного анализа рассмотренных выше САД/САМ-систем приведены в таблице.

Сравнительный анализ «легких САПР»

Название программы	Возможности					
	Плоское моделирование	Черчение	Объемное моделирование	Создание объемных сборок	Создание чертежа по 3D модели	Редактирование сканированного изображения
AutoCAD	+	+	+	+/-	+/-	+
ZWCAD	+	+	+	+/-	-	-
Bricscad	+	+	+	+	-	-
Компас	+	+	+	+	-	-
3DTransVidia	+	+	+	+	-	-
CadMECH	+	+	+	+	+/-	-
SCAD	+	+	+	+	-	-

+ реализация соответствующей функции достаточна для решения задачи;

+/- неполная возможность использования или функциональная особенность, требующая доработки;

- отсутствие данной возможности в системе либо функциональность не соответствует современным требованиям;

В заключение следует отметить, что для того, чтобы протестировать ту или иную CAD/CAM-систему, следует учитывать следующие моменты:

- система тестов должна быть разработана исходя из реальных задач конкретного производства;
- тестирование желательно производить с привлечением широкого круга сотрудников, в том числе и не имевших опыта работы с CAD/CAM-системами;
- необходимо дать системе возможность показать себя в различных подразделениях на разных задачах.

Не удивляйтесь, если в результате тестирования ваше личное представление о продукте коренным образом изменится, – действительность иногда имеет мало общего с красивыми картинками в журналах и рекламных проспектах. Чужой опыт также имеет большую ценность, даже если это и не совсем «бескорыстный свидетель». Любая информация имеет свойство устаревать, тем более в столь бурно развивающейся области, как программное обеспечение для промышленности.

СЕКЦИЯ II МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ОКСИДА ЦИНКА

И. Ю. Осипова, Г. Д. Копкин, А. А. Курочкин

*Учреждение образования «Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины», Беларусь*

Научный руководитель А. В. Семченко

В настоящее время одними из самых перспективных тонкопленочных покрытий для солнечных элементов с целью повышения их эффективности являются прозрачные проводящие покрытия на основе оксидов металлов (цинка, олова, индия). Прозрачные проводящие оксиды (transparent conductive oxide, TCO) принадлежат к классу полупроводников с широкой запрещенной зоной и находят все более широкое применение в производстве плоских дисплеев, прозрачных электродов и нагревательных элементов, теплосберегающих технологиях и т. п. Легирование оксидов металлов различными химическими элементами (алюминием, галлием, фтором и т. д.) значительно улучшает электрофизические свойства напыляемых пленок. Однако оксид цинка рассматривается как наилучшая альтернатива дорогостоящим покрытиям оксида индий-олова. Наибольшее распространение получило легирование оксида цинка алюминием либо галлием, а оксида олова – фтором. Экспериментальные работы показали, что оксид цинка обладает меньшим удельным сопротивлением и лучшими оптическими свойствами по сравнению с оксидом олова, легированным фтором (SnO:F) [1].

Оптические и электрические характеристики ZnO пленок существенно зависят от способа их получения и легирования. Существует большое количество способов получения пленок оксида цинка: термическое вакуумное испарение, испарение из газовой фазы, магнетронное распыление, метод химического осаждения (CVD), золь-гель технология. Последний метод был выбран нами потому, что благодаря своим технологическим особенностям позволяет получить химически чистые пленки с хорошо контролируемой стехиометрией. При синтезе пленок на основе оксида цинка золь-гель методом появляется возможность управления оптическими и электрофизическими свойствами наноструктурированных тонких пленок [2].

Для создания оксидно-цинковых пленок перспективно применение пленкообразующих растворов, содержащих соединения, разлагающиеся при сравнительно низких температурах. Это могут быть продукты гидролитической поликонденсации таких эфиров, как этиловый или бутиловый эфир ортокремниевой кислоты, либо таких соединений, как деметилэтоксихлорсилан, которые при гидролитической поликонденсации формируют силоксановые цепи, склонные образовывать полимеры. Если нанести подобный раствор на твердую поверхность, то после испарения растворителя на поверхности останется пленка.

В основе процессов пленкообразования из золь-гелей лежат реакции гидролиза и поликонденсации алкоксисоединений. Обе они происходят одновременно, а степень полноты их протекания зависит от ряда химических и технологических факторов.

Заключительным этапом золь-гель технологии являются процессы термообработки пленок. Именно на этом этапе формируются окончательные свойства продуктов технологии.

На сегодняшний день разработано много методик формирования золь-гель пленок на основе оксида цинка. Из них можно выделить три основных метода: процесс нанесения окунанием, методом центрифугирования, методом стокового покрытия и окунанием.

В данной работе для получения ZnO-содержащей пленки за основу был взят метод центрифугирования (spin-coating). На основе теоретических расчетов проведен экспериментальным путем подбор химического состава золя. Для получения пленок требуемой толщины и хорошей однородности установлена корреляция между параметрами коллоидного раствора и методом получения покрытий.

Пленкообразующий раствор был приготовлен следующим образом. Требуемое количество ацетата цинка заливали абсолютным изопропиловым спиртом и перемешивали. Затем раствор помещали в ультразвуковую ванну на 30 мин. Полученную смесь перемешивали в течение 30 мин. Для созревания раствора его выдерживали при температуре окружающей среды (22 ± 2) °C в течение 2–3 дней.

После нанесения золя на поверхность пластин (стекла монокристаллического кремния) они были помещены в печь, где нагревались пошагово с интервалом 20 °C до температуры 350 °C в течение 10 мин. Процесс нанесения и сушки повторялся до получения нужной толщины. На последней стадии подложки помещали в печь и нагревали пошагово с интервалом от 20 °C до 550 °C.

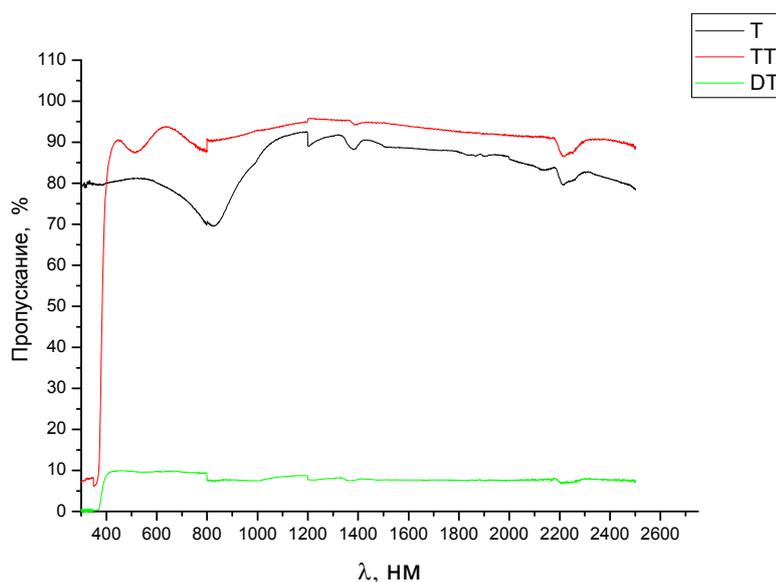


Рис. 1. Спектры пропускания пленок ZnO:Al на кварцевом стекле

Полученные ZnO:Al-пленки характеризуются высокой (~ 94 %) величиной пропускания в области 400–1000 нм (рис. 1) и поглощением в коротковолновой области спектра. С увеличением температуры обработки пропускная способность пленок ZnO:Al увеличивается. На рисунке можно выделить две области: в первой области энергия квантов падающего излучения больше, чем ширина запрещенной зоны ZnO:Al (< 400 нм), здесь поглощение света резко увеличивается.

Вторая область лежит в интервале длин волн ($400 \text{ нм} < X < 1000 \text{ нм}$), здесь энергия падающих фотонов низкая, в результате пленка ZnO:Al практически прозрачна для этого диапазона длин волн.

Из полученных результатов можно сделать вывод, что данный материал является вполне приемлемым для использования его в качестве оконного слоя в солнечных элементах.

Измерения электрофизических свойств полученных пленок проводили по системе измерения эффекта Холла, предназначенной для измерения концентрации и подвижности носителей заряда удельного сопротивления. Зависимость удельного сопротивления подвижности зарядов от тока ZnO:Al-пленки, полученной золь-гель методом, измеряли при комнатной температуре 300 К. Удельное сопротивление ZnO:Al-пленки с увеличением тока возрастает. Подвижность заряда резко увеличивается до $I = 2 \cdot 10^{-6} \text{ А}$, а затем с увеличением тока начинает падать. Увеличение сопротивления можно отнести к малой несущей подвижности зарядов (рис. 2).

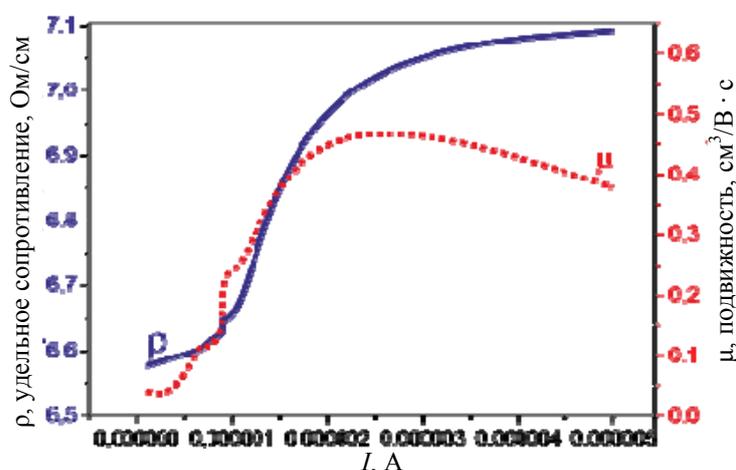


Рис 2. Зависимость удельного сопротивления подвижности зарядов от тока ZnO:Al-пленки, полученной золь-гель методом. Температура отжига – 550 °С в течение 1 ч в атмосфере кислорода

Основные характеристики золь-гель пленки ZnO:Al ($C_{Al} = 0,4 \%$) приведены в таблице.

Основные характеристики золь-гель пленки ZnO:Al ($C_{Al} = 0,4 \%$)

Ток _{вх} 1nА – 20μА	Удельное сопротивление, Ω · см	Концентрация, 1/см ³	Подвижность, см ³ /В · с	Температура, К	Пропускание, Т
$2 \cdot 10^{-7}$	6,577	$6,699 \cdot 10^{14}$	$4,25 \cdot 10^{-2}$	300	93–96 %
$4 \cdot 10^{-7}$	6,591	$-9,183 \cdot 10^{14}$	$3,094 \cdot 10^{-2}$	300	
$6 \cdot 10^{-7}$	6,603	$-2,135 \cdot 10^{14}$	$1,328 \cdot 10^{-2}$	300	
$8 \cdot 10^{-7}$	6,612	$-3,508 \cdot 10^{14}$	$8,073 \cdot 10^{-2}$	300	
$9 \cdot 10^{-7}$	6,626	$-8,773 \cdot 10^{14}$	$3,222 \cdot 10^{-2}$	300	93–96 %
$9 \cdot 10^{-7}$	6,635	$4,119 \cdot 10^{14}$	$6,852 \cdot 10^{-2}$	300	
$8 \cdot 10^{-7}$	6,642	$-2,044 \cdot 10^{14}$	0,1379	300	

Окончание

Ток _{вх} , InA – 20µA	Удельное сопротивление, Ω · см	Концентрация, 1/см ³	Подвижность, см ³ /В · с	Температура, К	Пропускание, Т
$9 \cdot 10^{-7}$	6,648	$1,113 \cdot 10^{14}$	0,253	300	93–96 %
$1 \cdot 10^{-6}$	6,654	$-1,173 \cdot 10^{15}$	$2,400 \cdot 10^{-2}$	300	
$1 \cdot 10^{-6}$	7,056	$-4,903 \cdot 10^{13}$	0,5413	300	
$5 \cdot 10^{-6}$	7,093	$-6,953 \cdot 10^{13}$	0,3797	300	

Литература

1. Song, D. Optimisation of ZnO:Al films by change of sputter gas pressure for solar cell application / D. Song, A. Aberle, I. Xia // Appl. Surf. Sci. – 2003. – Vol. 195, № 3. – P. 291–296.
2. Petritz, R. L. Theory of photoconductivity in semiconductor films / R. L. Petritz // Phys. Rev. – 1956. – Vol. 104. – P. 1508–1516.

**ЛЮМИНОФОРНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ СВЕТОДИОДНЫХ
ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ НА ОСНОВЕ СМЕСИ
ПОРОШКОВ YAG:CE И Y₂O₃:EU, ПОЛУЧЕННЫХ
МЕТОДОМ ГОРЕНИЯ**

О. В. Урецкая, Н. Е. Дробышевская, Е. Н. Подденежный, А. О. Добродей

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

Научный руководитель Е. Н. Подденежный

В настоящее время в Республике Беларусь остро стоит проблема энергосбережения и замены ламп накаливания на альтернативные источники освещения. Перспективными световыми приборами для этой цели являются светодиодные лампы и светильники.

При создании светодиодных источников для освещения компаунд, состоящий из желтого люминофора, производимый из микропорошка иттрий-алюминиевого граната, активированного ионами редкоземельных элементов, органической основы и стабилизирующих добавок, наносят на поверхность чипа. В последние годы появились светодиодные приборы с люминофорным преобразователем, удаленным от синего или ультрафиолетового светодиода (рис. 1). Они производятся также на основе органических компаундов или полимерно-неорганических композитов, что со временем приводит к деградации люминофора и снижению яркости светильника. Однако в связи с деградацией люминофора и полимера покрытия возникает проблема уменьшения светопропускания, что приводит к неоднородности светового потока и уменьшению срока службы светильника.

Новая идея изготовления люминофорных преобразователей для световых приборов в виде толсто пленочных композитов на неорганической, силикатной основе или в виде полупрозрачной стеклокерамической пластины позволит уменьшить временную деградацию люминофора, повысить долговечность светового прибора, а также использовать более мощные светодиоды и светодиодные сборки. С учетом вышеизложенного разработка и изучение новых типов люминофоров для удаленных преобразователей, способов их синтеза, а также проблемы создания люминофорных покрытий и объемных стеклокерамических преобразователей имеют важное научное и практическое значение.



Рис. 1. Светодиодный модуль [1]

Метод синтеза прекурсора $Y_3Al_5O_{12}:Ce$ основан на реакциях горения в восстановительной среде (сахарозе, лимонной кислоте, мочеvine, уксусной кислоте), совмещенных с процессами формирования органико-неорганических комплексных соединений (рис. 2).



Рис. 2. Схема синтеза оптически активных люминесцирующих порошков методом горения

Разработан новый вариант методики получения образцов наноструктурированных порошков оксида иттрия, активированных ионами европия, – методом термохимии (горения) в восстановительной среде (уксусной кислоте), совмещенным с процессом формирования хелатного ацетатонитратного комплексного соединения. Проведены рентгенографические исследования до прокаливания и после прокаливания порошков при температуре 1100 °C в воздушной среде (рис. 3).

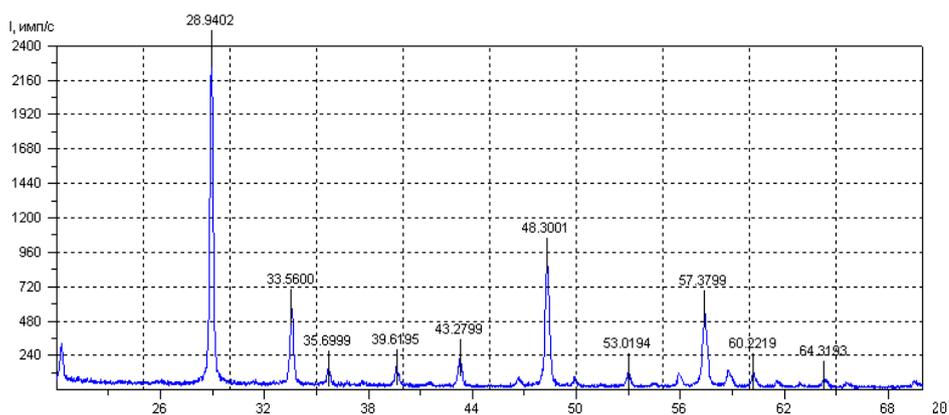


Рис. 3. Рентгенограмма порошка Y_2O_3 , полученного прокаливанием прекурсора оксида иттрия при $1100\text{ }^\circ\text{C}$ в течение 1 ч

Люминофорные покрытия с удовлетворительными характеристиками были сформированы с использованием люминесцентных порошков $YAG:Ce^{3+}$, полученных методом «горения» нитратов иттрия, алюминия и церия в лимонной кислоте и дополнительно обработанных в атмосфере аргона при температуре $1100\text{ }^\circ\text{C}$. В качестве основы для люминофорной композиции использовано новое легкоплавкое стекло состава $BaO-Vi_2O_3-V_2O_3-K_2O-SiO_2$ с температурой размягчения не более $600\text{ }^\circ\text{C}$, в состав композиции вводится порошок кварцевого стекла в качестве диффузно-рассеивающего компонента, улучшающего светотехнические характеристики. Люминофорная композиция готовится смешиванием компонентов с изопропанолом, далее шликер наносится поливом на стеклянную подложку и высушивается. Стеклянная подложка с покрытием помещается в муфельную печь на керамическую подставку и постепенно нагревается до температуры $600\text{ }^\circ\text{C}$ и выдерживается в течение 30 мин, затем медленно охлаждается с печью до комнатной температуры (рис. 4) [2].



Рис. 4. Методика получения люминофорных покрытий

Люминофорные покрытия с полученными в НИЛ ТКН ГГТУ им. П. О. Сухого люминесцентными порошками можно использовать в разработанной конструкции светодиодного светильника. Задача, на решение которой направлена конструкция полезной модели, заключается в увеличении срока службы светильника, повышении однородности светового потока от светильника и перестраивании излучения от белого до красного цвета.

Согласно полезной модели, на плате расположены светодиоды синего и ультрафиолетового излучения, а рассеиватель выполнен в виде многослойной стеклянной пластины, состоящей из стеклянной подложки, люминофорного толсто пленочного преобразователя на основе легкоплавкого силикатного стекла и смеси люминофоров $YAG:Ce^{3+}$ и $Y_2O_3:Eu^{3+}$, который покрыт защитным слоем силиконового полимера (рис. 5).

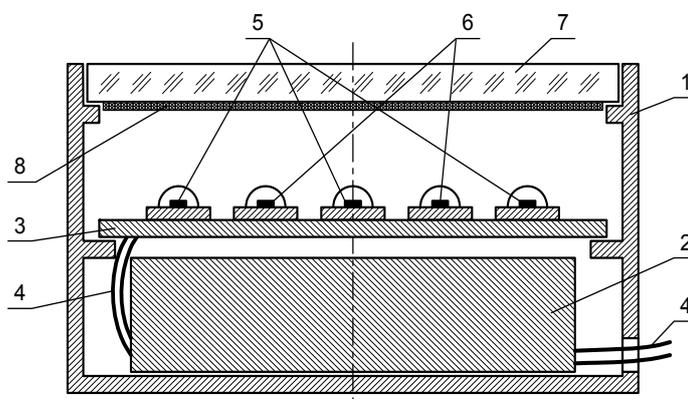


Рис. 5. Конструкция светодиодного светильника:

1 – корпус; 2 – блок питания; 3 – печатная плата; 4 – проводники;
5 – синие светодиоды; 6 – ультрафиолетовые светодиоды; 7 – стеклянный плафон-рассеиватель; 8 – люминофорный преобразователь – слой стеклокомпозита

Отличительные конструктивные признаки заявляемой полезной модели и связи между ними позволяют ей проявлять ряд дополнительных свойств. Так, например, покрытие на основе легкоплавкого стекла может выдерживать нагрев без изменения характеристик до $550\text{ }^{\circ}\text{C}$, а наличие в составе светильника синих и ультрафиолетовых светодиодов, а также люминофоров $YAG:Ce^{3+}$ и $Y_2O_3:Eu^{3+}$ позволяет перестраивать излучение от холодного белого до красного излучения (рис. 6).



Рис. 6. Получение белого света с помощью ультрафиолетового СИД (UV СИД), синего СИД (В СИД) и люминофоров:
Y – желтого $YAG:Ce$ и R – красного $Y_2O_3:Eu$

Литература

1. Not Just Light Generation – Xicato Calls It «Internet of Lights» or Lighting 2.0. – Режим доступа: <http://www.led-professional.com/technology/electronics/not-just-light-generation-xicato-calls-it-internet-of-lights-or-lighting-2.0>. – Дата доступа: 1.04.2014.
2. Люминофорная композиция : заявка на предполагаемое изобретение, МПК H01L 33/00 / Н. Е. Дробышевская, Е. Н. Подденежный, О. В. Урецкая, Н. М. Бобкова, Е. Е. Трусова ; заявитель и патентообладатель Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого (ВУ). – № а 20111620 ; заявл. 30.11.2011.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСКАТКИ ГИЛЬЗ НА ТРЕХВАЛКОВОМ НЕПРЕРЫВНОМ РАСКАТНОМ СТАНЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Я. И. Радькин

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

Научные руководители: И. В. Астапенко, Ю. Л. Бобарикин

На сегодняшний день бесшовные трубы являются одним из основных элементов, применяемых в самых различных отраслях промышленности. Горячекатаные бесшовные трубы широко применяются в нефтегазовой промышленности и машиностроении.

Основным этапом получения стальных бесшовных труб в трубoproкатном производстве является получение черновой трубы раскаткой гильзы на раскатном стане. Основной проблемой этого процесса остается неравномерный износ калибров валков раскатного стана, снижающий эффективность производства.

Цель исследований – определить оптимальные деформационные параметры непрерывного раскатного стана PQF с целью повышения равномерности износа калибров.

Стан PQF представляет собой пятиклетевый раскатной стан, состоящий из клетки VRS предварительного обжатия гильзы и четырех деформирующих клеток с номерами 1, 2, 3, 4.

Так как экспериментальное определение оптимальных настроечных параметров при действующем производстве в промышленных условиях связано с большими затратами, для исследования раскатки был выбран метод численного моделирования.

Была построена численная модель процесса раскатки, которая позволяет определять значения напряжений, деформаций и температурных параметров в очаге деформации, а также силовые параметры, действующие на инструмент, – прокатные валки (рис. 1).

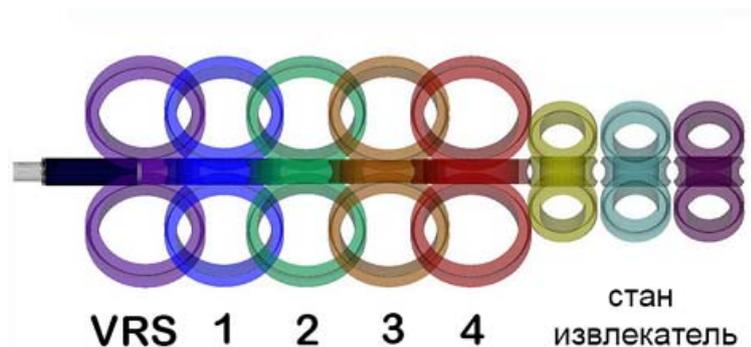


Рис. 1. Геометрическая модель раскатки

Адекватность численной модели доказана сравнением расчетных и фактических значений силовых и геометрических параметров прокатки (табл. 1): хорошее согласование итоговых значений средней нагрузки на валки указывает на корректность расчета всех других параметров раскатки.

Таблица 1

Сравнение фактических и расчетных значений параметров прокатки

	Средняя нагрузка на валки, кН					Геометрические параметры черновой трубы, мм		
	VRS	1	2	3	4	Наружный диаметр	Внутренний диаметр	Толщина стенки
Фактические значения	56	1454	1177	768	404	124,78	113,9	5,05
Расчетные значения	53,3	1432	1172	773	392	124,1	113,9	5,1

Исходя из данных, представленных в табл. 1, можно увидеть, что наиболее нагруженной является клеть № 1. Именно она в процессе эксплуатации подвергается наибольшему износу. Необходимо, чтобы нагрузка на валки была более равномерно распределена между клетями, что и приведет к более равномерному износу валков. Для этого следует оптимизировать их деформационные параметры путем изменения зазоров между валками.

Для определения более оптимальных деформационных параметров непрерывного раскатного стана PQF был проведен ряд численных экспериментов, отличающихся величиной зазоров между валками (табл. 2).

Таблица 2

Исходные данные к моделированию (изменение зазоров между валками)

	VRS	1	2	3	4
Эксперимент 1	+2 мм	0 мм	0 мм	0 мм	0 мм
Эксперимент 2	+4 мм	-3,2 мм	-1,4 мм	-0,5 мм	0 мм
Эксперимент 3	+6 мм	-1,15 мм	-0,9 мм	0 мм	0 мм

Примечание. Знак (+) – свести валки; знак (-) – развести валки.

Результаты численного моделирования представлены на рис. 2.

Путем изменения настроечных зазоров между валками стана в виртуальном эксперименте была определена калибровка раскатного стана (эксперимент 3), позволяющая снизить нагрузку на первой клетю с 1454 до 1117 кН и более равномерно распределить нагрузку между 2 и 3 клетями.

Было произведено сравнение максимальных значений эффективных напряжений в очагах деформации заготовки в клетях базовой калибровки, используемой в промышленных условиях, и рекомендуемой, полученной в результате численного эксперимента (рис. 3).

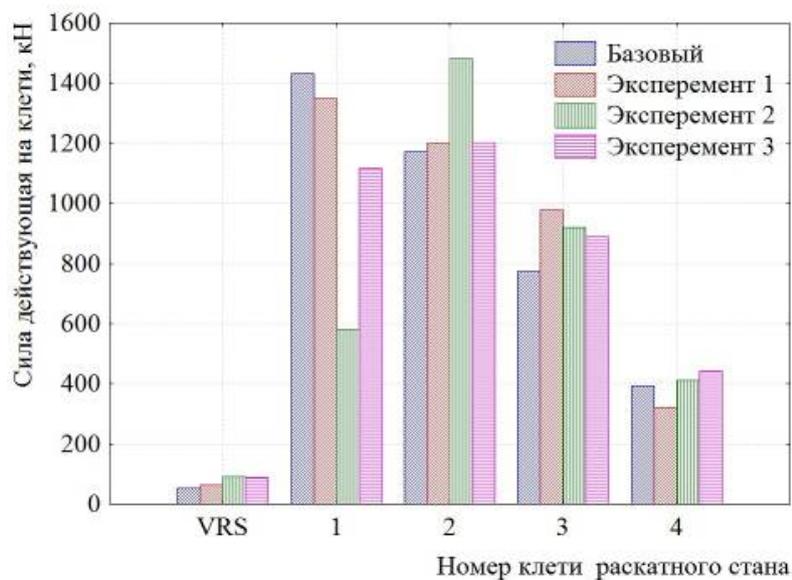


Рис. 2. Сравнение результатов численного моделирования

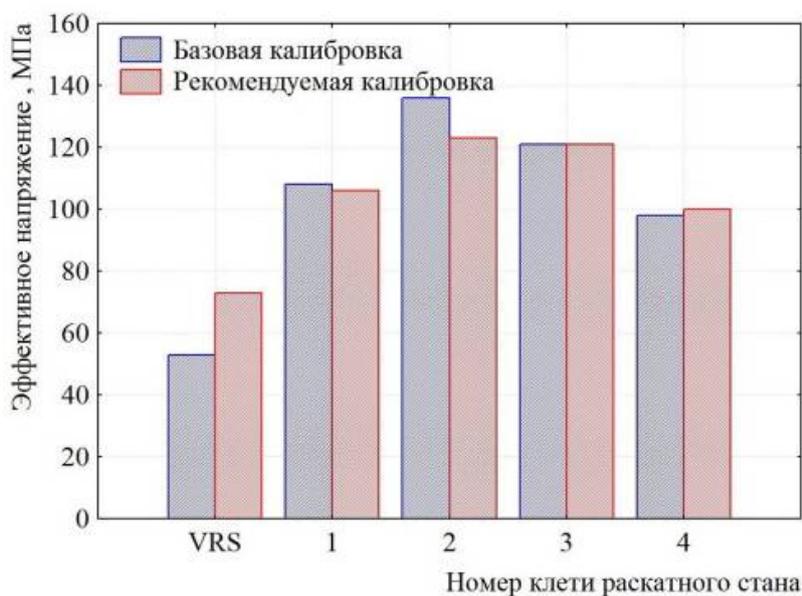


Рис. 3. Сравнение значений эффективных напряжений в очагах деформации

Значения эффективных напряжений в очагах деформации заготовки практически на всех клетях снизились, кроме клетки VRS, так как на ней было увеличено обжатие заготовки.

Таким образом, получены следующие основные результаты:

1. Построена адекватная численная модель процесса раскатки черновых труб, которая позволяет определить значения напряжений, деформаций и температурных параметров, действующих на гильзу и инструмент.

2. Определены оптимальные деформационные параметры непрерывного раскатного стана PQF, повышающие равномерность износа валков.

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ МЕТАЛЛОКОРДА

Ю. В. Мартьянов

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

Научные руководители: Ю. Л. Бобарикин, С. В. Авсейков

Процесс получения металлокорда начинается с выплавки стали и заканчивается свивкой проволок в металлокорд на канатной машине. В современных условиях ужесточилось требование к значению прямолинейности металлокорда в связи с ростом степени автоматизации производства шин. Также в процессе обрезаживания корда в шинном производстве при нарушении требований к прямолинейности происходит изменение формы резинового полотна и отклонение его свыше нормы.

В связи с большим количеством отбраковки металлокорда по прямолинейности проблема является актуальной в сфере канатного производства. По этой причине требуется определить наиболее эффективные способы повышения прямолинейности проволоки и металлокорда.

Цель исследования

Определить эффективный способ повышения прямолинейности металлокорда.

Основное влияние на снижение прямолинейности металлокорда оказывают остаточные напряжения в его структуре, вызывающие упругие деформации металлокорда при дальнейшей релаксации.

Одним из способов снижения остаточных напряжений проволоки является роликовая рихтовка с преформирующими роликами (рис. 1). Принцип ее работы заключается в воздействии на проволоку знакопеременных изгибающих нагрузок. Дополнительная знакопеременная пластическая деформация снижает уровень остаточных напряжений.

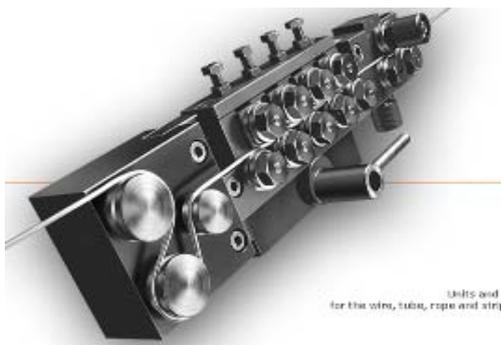


Рис. 1. Общий вид роликовой рихтовки [1]

Основным преимуществом является простота конструкции и удобство размещения в потоке проволочного стана. Недостатками являются частый выход из строя подшипников роликов в рихтовке из-за больших нагрузок и скоростей волочения, снижение сопротивления пластической деформации металла проволоки.

Следующим способом является волочение с изменением направления волочения (рис. 2). Примерно к середине маршрута волочения осевые слои проволоки уже растянуты в значительной степени. Это связано с геометрией волоки и действием контактных сил трения. После этого проволоку наматывают на катушку. Затем катушку устанавли-

вают на следующий этап волочения, в котором проволока протягивается в обратном направлении [2] (рис. 2). Это обеспечивает выравнивание осевых напряжений в поверхностном слое проволоки, что влечет за собой хорошие показатели прямолинейности. Такой способ волочения является эффективным для алюминиевой и медной проволоки, т. е. для проволоки с высокими показателями пластичности.

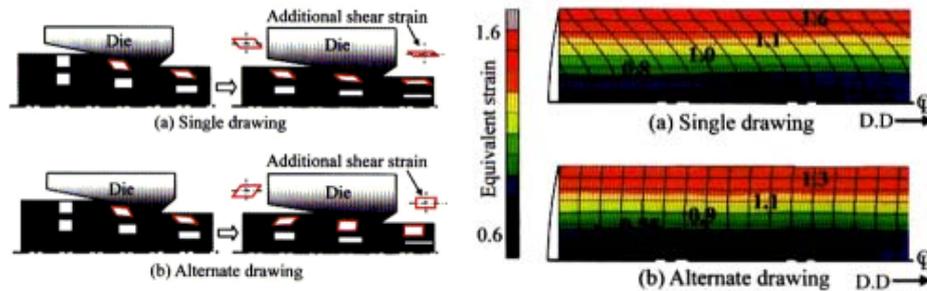


Рис. 2. Схема волочения:
 а – в одном направлении; б – с изменением направления

Основные преимущества заключаются в хороших показателях по прямолинейности и распределению остаточных напряжений по сечению проволоки. Главным недостатком является низкая производительность процесса вследствие затрат дополнительного времени на установку катушек на следующий стан.

С учетом имеющихся способов повышения прямолинейности проволоки были разработаны новый способ и устройство, отличающиеся исключением недостатков имеющихся способов. Способ состоит в волочении с растяжением проволоки в потоке волочильного стана. После волочения перед намоткой на катушку проволоку растягивают рычажным растягивающим устройством (рис. 3). Усилие растяжения регулируется грузом, расположенным на большем плече рычага. Преимущества: простота расчета растягивающего усилия, простота конструкции и реализации в условиях поточного производства. Недостатки: изменение последовательности при заправке маршрута волочения, требуется корректировка натяжения проволоки на устройстве натяжения при намотке, трудности в компенсации удлинения проволоки с растяжением более 60 % от предела прочности.

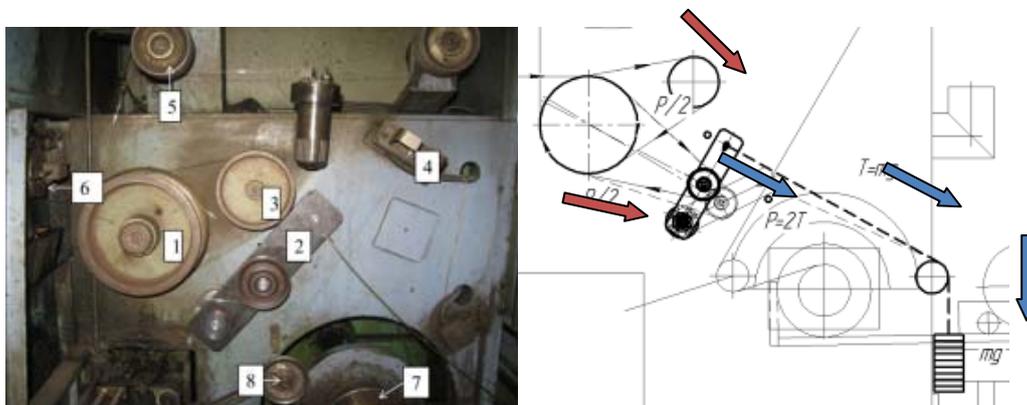


Рис. 3. Растяжение проволоки с помощью рычага:
 1 – тяговый шкив; 2 – рычаг; 3 – счетчик; 4 – рамка (датчик); 5 – устройство натяжения при намотке; 6 – чистовая проволока; 7 – приемная катушка; 8 – укладчик

С целью повышения растягивающих нагрузок растяжение проволоки можно осуществлять посредством кинематики стана. Данный тип растяжения проволоки осуществляется с помощью рассогласования скоростей тяговых шкивов в потоке стана, обеспечивающих натяжение проволоки. Основным недостатком изменения кинематики стана – сокращение номенклатуры протягиваемой проволоки на стане с измененной кинематикой. Преимуществами являются точное задание растягивающего усилия в определенном узком диапазоне, компенсация удлинения проволоки, возможность комбинирования с рычагом. В этой связи предлагается к внедрению изменение кинематики волочильного стана совместно с рычажным механизмом.

Для свивки металлокорда в лабораторных условиях использовалась проволока диаметром 0,35 мм, полученная волочением. Далее на разрывной машине INSTRON 5969 проволока была растянута с различными усилиями в диапазоне $0-0,98\sigma_v$. Из растянутой проволоки на установке для свивки металлокорда (рис. 4, а) изготавливались образцы металлокорда. Полученные образцы длиной 300 мм выдерживались на катушке диаметром 80 мм (рис. 4, б) в течение 24 ч и 72 ч.

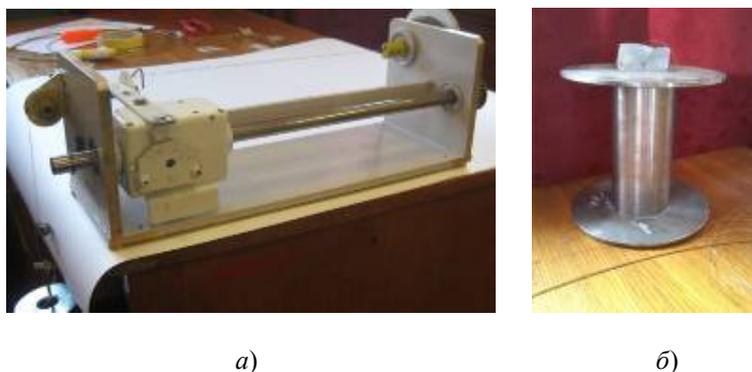


Рис. 4. Оборудование для испытаний металлокорда:
а – устройство для свивки металлокорда; б – катушка диаметром 80 мм

После выдержки измерялся радиус дуги прогиба металлокорда, оценивалась степень отклонения от прямолинейности и релаксации напряжений металлокорда (рис. 5).

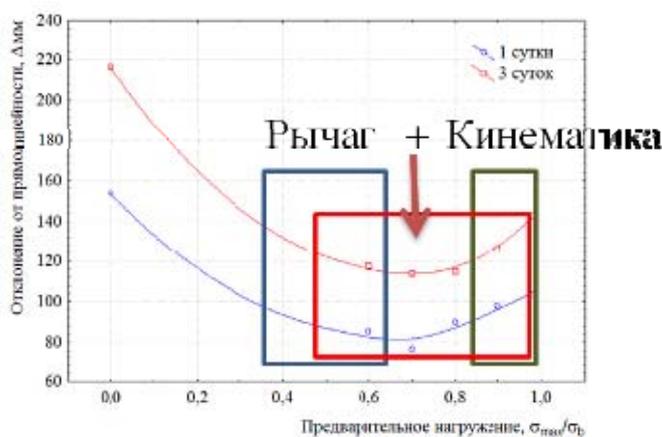


Рис. 5. Изменение прямолинейности металлокорда 2x0,35HT в зависимости от степени предварительного растяжения проволоки

Анализ рис. 5 показывает, что опытным путем определен диапазон ($\sigma = 0,65-0,75 \sigma_B$) растяжения проволоки с минимальным отклонением от прямолинейности.

Таким образом, эффективным способом улучшения прямолинейности металлокорда является воздействие на проволоку растяжением в диапазоне $0,65-0,75 \sigma_B$ с помощью изменения кинематики волочильного стана совместно с использованием рычажного механизма.

Литература

1. Каталог фирмы Witel-Albert GmbH. – Берлин. – С. 9.
2. Kazunari, Y. Improvement of mechanical properties of drawn aluminium wire for wiring harnesses / Y. Kazunari // Technical paper. – С. 79.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАПОРНЫХ ВОЛОК В ВОЛОЧИЛЬНЫХ СТАНАХ ТОНКОГО ВОЛОЧЕНИЯ

С. И. Прач

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

Научный руководитель Ю. Л. Бобарикин

Напорные волокна используются как инструмент в волочильном производстве проволоки и прутков. Напорные волокна обеспечивают принудительную подачу смазки в зону деформации волокна и снижение трения и усилия деформации при протягивании проволоки через эту волоку. В результате эффективность волочения повышается за счет снижения энергопотребления и износа волокна.

Напорные волокна получили распространение в процессах сухого волочения, где используются сухие порошкообразные смазки. Принцип работы напорной волокна состоит в нагнетании смазки в зоне деформации в результате избыточного давления смазки в напорной зоне перед волокой. Напорная зона представляет собой узкий канал между проволокой и напорной вставкой. Избыточное давление создается за счет увлечения смазки проволокой в зону деформации. Геометрия узкого канала волокна и степень вязкости смазки определяют величину избыточного давления.

В качестве напорного элемента применяют напорную трубку, внутри которой движется проволока. Геометрия узкого канала определяется зазором между трубкой и проволокой и длиной этой трубки.

Для расширения области применения напорных волокон было предложено их использование для мокрого волочения, где применяют не сухие, а жидкие смазки. Сдерживающим фактором использования этих волокон является низкая вязкость жидкостей.

Например, Колмогоров рассматривает процесс волочения в режиме гидростатического трения, проводит исследование влияния размера зазора h , длины напорных труб l и скорости волочения v_0 на развиваемое давление.

Для волочения в режиме гидродинамического трения применяются напорные трубки-насадки (рис. 1). Смазка увлекается движущимся изделием в зазор между поверхностью изделия и насадки, смазка нагнетается в зону деформации, при определенном давлении смазки трущиеся поверхности в зоне деформации разделяются. Для получения высоких давлений применяемые величины зазоров незначительны, поэтому можно считать течение плоским.

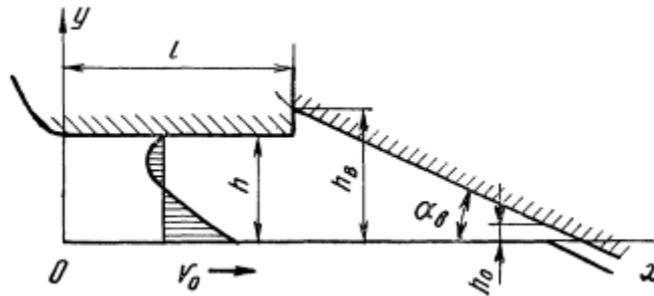


Рис. 1. Схема расчета течения смазки в напорной трубке-насадке

При расчете инструмента для волочения в режиме гидродинамического трения были получены уравнения для расчета давления на входе p_1 и на выходе p_2 напорной трубки для высокоскоростного волочения (рис. 2):

$$p_1 = \frac{\sigma \mu v_0 l}{h^2 (1 - 2q)}; \tag{1}$$

$$p_2 = -\frac{1}{\alpha} \ln(1 - p_1 \alpha). \tag{2}$$

С использованием формул (1) и (2) показано влияние основных факторов процесса гидродинамического волочения (l , v_0 , h , μ_0) на развиваемое насадкой давление (рис. 3). С увеличением скорости v_0 наблюдается рост давления смазки (рис. 3, а). Рост скоростей волочения и длин напорных труб-насадок вызывает увеличение температуры смазки в насадке. Разогрев будет больше при использовании более вязкой смазки.

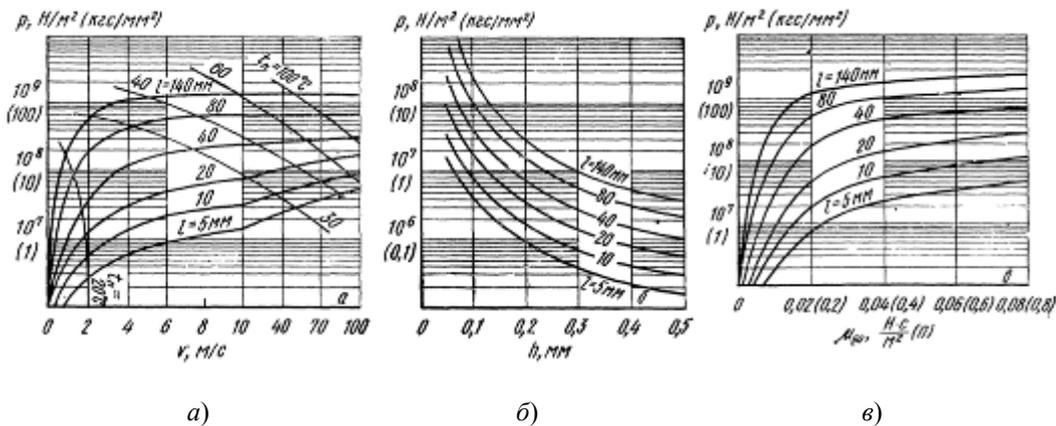


Рис. 3. Анализ нагнетающей способности насадок при использовании жидких смазок:
 а – влияние скорости волочения и длины насадок; б – роль величины зазора;
 в – влияние вязкости смазки

Увеличение зазора h вызывает значительное падение развиваемого давления (рис. 3, б). Для достижения высоких давлений при больших величинах зазора требуется значительная длина напорных труб.

На рис. 3, в показано влияние вязкости применяемой смазки при $l = 50$ °С для $v = 5,0$ м/с на развиваемое насадкой давление. С увеличением вязкости давление смазки в насадке растет. При этом нужно учитывать, что с увеличением вязкости охлаждающая способность смазки снижается.

Значительное влияние имеет температура входящей проволоки на развиваемое давление – с увеличением t_0 нагнетающая способность падает. Повышение же t_0 до 100 °С приводит к падению давления в несколько десятков раз. Это объясняется уменьшением вязкости с температурой. Следовательно, для обеспечения гидродинамического трения при волочении на жидких смазках первостепенное значение имеет охлаждение проволоки на барабанах волочильной машины, при этом машины мокрого волочения предпочтительнее из-за более эффективного охлаждения. Одним из достоинств применения жидких смазок при волочении является их высокая охлаждающая способность по сравнению с охлаждающей способностью воздуха на машинах сухого волочения.

Дальнейшие исследования процесса волочения стальной латунированной проволоки, используемой для свивки металлокорда, показали, что для увеличения качества получаемой проволоки путем повышения ее пластических свойств необходимо принять меры по снижению коэффициента контактного трения при волочении. Для этой цели проанализирована контактная зона волокна с проволокой.

При волочении особое внимание было обращено на контактное трение между проволокой и деформирующей волокой при волочении, снижение которого способствует повышению качества получаемого изделия и уменьшению энергопотребления процесса и износа валок. Для снижения контактного трения смазочная пленка, образующаяся на проволоке в процессе волочения, не должна иметь уменьшения толщины или разрывов. Вследствие последнего снижается качество поверхности проволоки из-за наличия волосовин, царапин, повышается вероятность обрыва проволоки при волочении, уменьшается скорость волочения и уменьшается износостойкость волокна.

Чтобы добиться равномерного смазочного слоя, используется инструмент для волочения проволоки, представленный на рис. 4, включающий корпус 1, деформирующую волоку 2, напорную волоку 3, содержащий кольцо 4 и эластичный кольцевой уплотнитель 5, установленный между напорной волокой и корпусом для создания нежесткого закрепления напорной волокна, который обеспечивает повышение вибростойкости устройства и обеспечивает сбалансированное состояние между волокой и проволокой 6, снижающее величину контактного трения между ними. Эластичный кольцевой уплотнитель снижает вибрацию проволоки, что также позволяет уменьшить количество ее обрывов во время волочения. Кроме того, устанавливается величина зазора между проволокой и внутренним каналом напорной волокна, равная 11–12 % от диаметра проволоки на входе в напорную волоку, гарантирующая непрерывное обеспечение эффективного экранирующего слоя волочильной смазки за счет ее стабильной подачи в очаг деформации. Это обеспечивает повышение давления между напорной и деформирующей волоками, что приводит к принудительной подаче эмульсии к деформирующей волоке и снижению усилия волочения, повышению стойкости деформирующих волок.

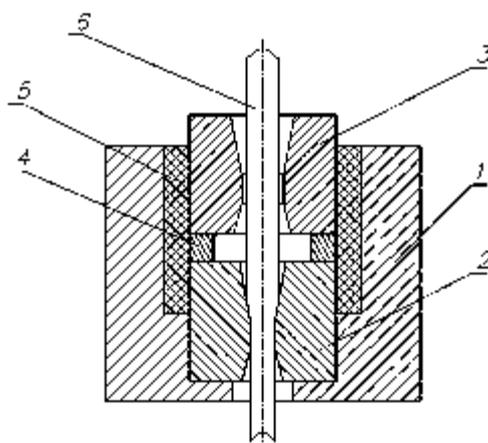


Рис. 1. Инструмент для волочения проволоки:
 1 – корпус; 2 – деформирующая волока; 3 – напорная волока;
 4 – кольцо, 5 – уплотнение; 6 – проволока

Были проведены эксперименты по определению величины оптимального зазора между проволокой и внутренним каналом напорной волоки, результаты которых представлены в таблице.

Зависимость зазора между проволокой и внутренним каналом напорной волоки и усилием волочения

Зазор между проволокой и внутренним каналом напорной волоки, в % от диаметра проволоки на входе в напорную волоку	Усилие волочения со скоростью 0,26 м/с для перехода диаметров проволоки с 2,01 на 1,821 мм
9	1575
10	1480
11	1382
12	1390
13	1488
14	1510

Анализ таблицы указывает на наличие эффекта снижения усилия при величине оптимального зазора между проволокой и внутренним каналом напорной волоки, равной 11–12 % от диаметра проволоки на входе в напорную волоку. Снижение усилия волочения может быть обосновано устойчивой подачей водоэмульсионной смазки к деформирующей волоке. Увеличение или уменьшение зазора приводит к возрастанию усилия волочения.

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФЕРРОМАГНИТНОГО СПЛАВА Ni_2MnGa С ЭФФЕКТОМ ЗАПОМИНАНИЯ ФОРМЫ

Е. В. Шматок

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

Научный руководитель О. М. Остриков

Целью данной работы стало изучение особенностей пластической деформации, формирования каналов Розе и разрушения монокристаллов Ni_2MnGa при микроиндентировании поверхности алмазной пирамидой Виккерса, а также моделирование напряженно-деформированного состояния системы параллельных линзовидных двойников, возникающих при индентировании его поверхности алмазной пирамидой Виккерса.

Монокристаллы сплава Гейслера (Ni_2MnGa) получали методом Бриджмена. Форма призмы образцам придавалась путем вырезания электроискровым способом вдоль заданных кристаллографических направлений. Далее проводилась обработка поверхности призм полированием [1].

Локальная дозированная деформация поверхности монокристаллов Ni_2MnGa осуществлялась при комнатной температуре в отсутствии магнитного поля. Перед помещением монокристалла на столик прибора образец подвергался растяжению либо сжатию для получения аустенитной или мартенситной фазы. Микроиндентирование поверхности проводилось алмазной пирамидой Виккерса прибора ПМТ-3 в диапазоне нагрузок на индентор до 2,0 Н.

На рис. 1, *а* представлено увеличенное изображение параллельных линзовидных двойников в области отпечатка пирамиды Виккерса. Как видно из рис. 1, *а*, двойники не имеют равную длину и расположены на разном расстоянии друг от друга.

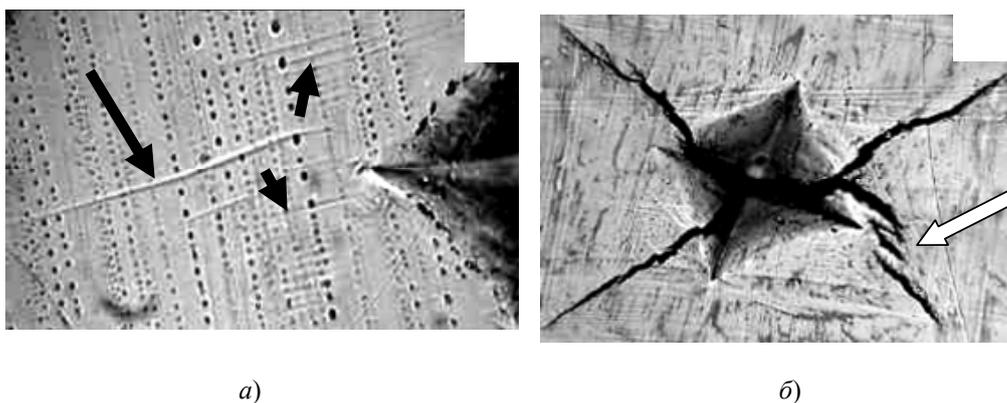


Рис. 1. Увеличенное изображение групп параллельных тонких линзовидных двойников (а) и трещин (б) у отпечатка пирамиды Виккерса на поверхности (100) монокристалла Ni_2MnGa (а – $\times 500$; б – $\times 300$)

Перевод монокристалла Ni_2MnGa из мартенситного в аустенитное состояние приводит к изменению деформационной картины у отпечатка индентора (рис. 1, *б*). Механическое двойникование, как правило, не проявляется. На смену ему приходит скольжение и разрушение. Развитие трещин у индентора происходит в четырех направлениях (рис. 1, *б*). Наблюдаются и каналы Розе (белая стрелка на рис. 1, *б*).

На рис. 1, а представлена типичная деформационная картина, возникающая на поверхности (100) мартенситной фазы Ni₂MnGa у отпечатка пирамиды Вика. Схематическое изображение этой деформационной картины в виде системы параллельных линзовидных двойников показано на рис. 2.

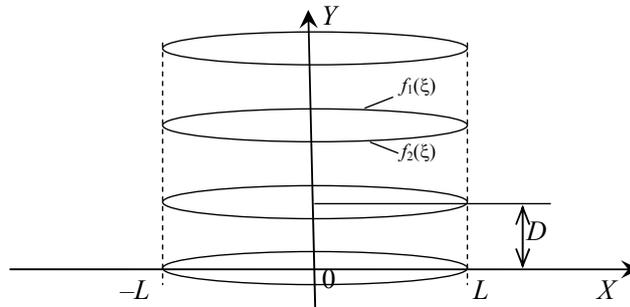


Рис. 2. Схематическое изображение системы параллельных линзовидных двойников

В приближении непрерывного распределения двойниующих дислокаций на двойниковых границах, использованного в [2]–[4], смещения u_i и напряжения σ_{ij} у такой системы двойников можно рассчитать по следующим формулам:

$$u_i(x, y) = u_i^{(1)}(x, y) + u_i^{(2)}(x, y); \tag{1}$$

$$\sigma_{ij}(x, y) = \sigma_{ij}^{(1)}(x, y) + \sigma_{ij}^{(2)}(x, y), \tag{2}$$

где i, j принимают значения x, y или z ; $u_i^{(1)}(x, y)$, $u_i^{(2)}(x, y)$ и $\sigma_{ij}^{(1)}(x, y)$, $\sigma_{ij}^{(2)}(x, y)$ – смещения и напряжения, обусловленные первой и второй границей двойника, соответственно [2].

Результатами данных расчетов являются изображения, представленные на рис. 3. Видно, что напряжения локализируются на двойниковых границах, а поля смещений симметричны относительно центра системы двойников.

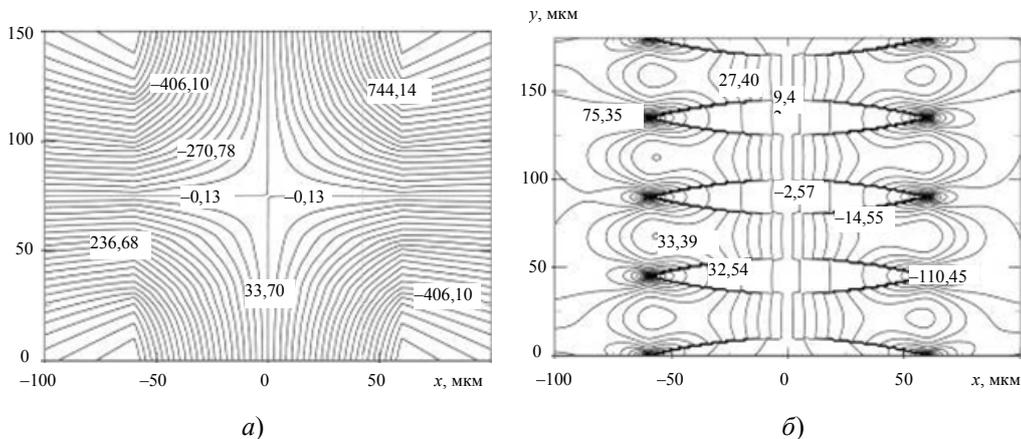


Рис. 3. Результаты расчетов полей смещений u_i и напряжений σ_{ij} в Ni₂MnGa, обусловленных системой параллельных линзовидных двойников:
а – смещения u_x ; б – напряжения σ_{xx}

Таким образом, изучены особенности двойникования и разрушения монокристалла Ni_2MnGa . На основании принципа суперпозиции предложен метод расчета смещений и напряжений в системе параллельных линзовидных остаточных механических двойников.

Литература

1. Sozinov, A. Stress- and magnetic-field-induced variant rearrangement in Ni-Mn-Ga single crystals with seven-layered martensitic structure / A. Sozinov [et al]. – Materials Science and Engineering. – 2004. – Vol. 378. – P. 399–402.
2. Остриков, О. М. Механика двойникования твердых тел : монография / О. М. Остриков. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2008 – 301 с.
3. Остриков, О. М. Напряженное состояние у поверхности кристалла, деформируемой сосредоточенной нагрузкой, при наличии клиновидного двойника / О. М. Остриков // Журн. техн. физики. – 2009. – Т. 79, № 5. – С. 137–139.
4. Остриков, О. М. Метод расчета распределения деформаций у клиновидного двойника с использованием подходов макроскопической дислокационной модели / О. М. Остриков // Изв. РАН. Механика твердого тела. – 2009. – № 4. – С. 52–58.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ОКАЛИНООБРАЗОВАНИЕ И ПОТЕРИ МЕТАЛЛА НА УГАР ПРИ НАГРЕВЕ

А. И. Товстелева

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

Научный руководитель М. Н. Верещагин

Нагрев металла перед прокаткой проводится с целью повышения его пластичности и уменьшения сопротивления деформации. Нагрев является одной из важных и основных операций в процессе прокатки. Он должен обеспечить равномерное распределение температуры по сечению прокатываемого металла, его минимальное окисление и обезуглероживание.

При окислении стали основную роль играет процесс диффузии атомов железа наружу, а не процесс диффузии атомов кислорода внутрь металла. Уже при комнатной температуре поверхность железа быстро покрывается пленкой окиси, имеющей толщину одной или нескольких элементарных ячеек кристаллической решетки этой фазы. Следующая стадия окисления, происходящая при температуре 150–700 °С, заключается в образовании пленки окалины, состоящей из наружного слоя Fe_2O_3 (гематит), среднего слоя Fe_3O_4 (магнетит) и внутреннего слоя FeO (вюстит). При этом внутренний слой из FeO образуется при температурах выше 570 °С. Слоистое строение окалины, заметное на глаз, обнаруживается уже при толщине 0,1 мм (рис. 1).

Сцепление окалины с окисляемой металлической поверхностью при прокатке играет важную роль. С одной стороны, прочное сцепление окалины уменьшает окисление стали во время нагрева заготовок в печах и при их последующей обработке, с другой стороны, затрудняет удаление окалины в процессе деформации, что приводит к ухудшению качества поверхности изделия, вызывает повышенный износ прокатного инструмента.

Было проведено исследование о влиянии химического состава стали на характер образующейся окалины и силу «прилипания» ее к металлу. Поэтому для исследования были выбраны две марки стали 32Г2 (содержание Mn около 1,40 %) и стали марки 20 (содержание Mn около 0,60 %).

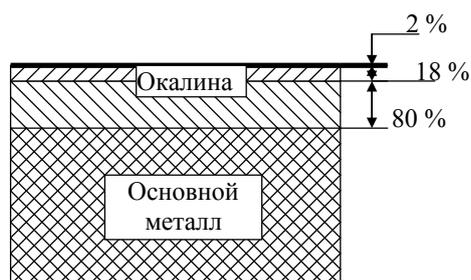


Рис. 1. Слоистое строение окалины (схематично)

Произвели опытный нагрев заготовок (температура и время нагрева – постоянные). В кольцевой нагревательной печи были нагреты непрерывно-литые заготовки диаметром 200 мм. После нагрева заготовки были выданы на возврат. При визуальном осмотре поверхности значительной разницы по распределению окалины выявлено не было. От заготовок были отобраны образцы для металлографического исследования окалины (рис. 2).



Рис. 2. Внешний вид отрезанных образцов непрерывнолитых заготовок диаметром 200 мм:
а – сталь марки 32Г2; б – сталь марки 20

При исследовании поперечных микрошлифов с содержанием марганца около 1,40 % (32Г2) и с содержанием марганца около 0,60 % (20) в микроструктуре окалины различий не выявлено (рис. 3).

Исследуя слои окалины при увеличении $\times 200$, отмечено, что окисление происходило по границам зерен, отсутствует линия раздела «окалина–металл» (рис. 3).

Известно, что прочность сцепления окалины с металлом зависит от скорости диффузии кислорода от поверхности к внутренним слоям металла и встречной диффузии металла через слой окалины на ее наружную поверхность, концентрации кислорода на поверхности, от состава окалины, вида топлива и других причин.

При большой концентрации кислорода на поверхности соприкосновения металла с окалиной происходит равномерное образование окалины, которая в меньшей степени сцепляется с металлом.

Малая концентрация кислорода на поверхности замедляет процессы окисления, они начинают протекать по границам зерен и образующаяся окалина плотнее прилипает к металлу.

Было проведено исследование о влиянии коэффициента расхода воздуха в кольцевой нагревательной печи на образование плотного налипания окалины. Осуществлен нагрев непрерывно-литых заготовок диаметром 200 мм при увеличенном коэффициенте избытка воздуха λ (фактическое количество воздуха/заданное количество воздуха) в кольцевой печи.

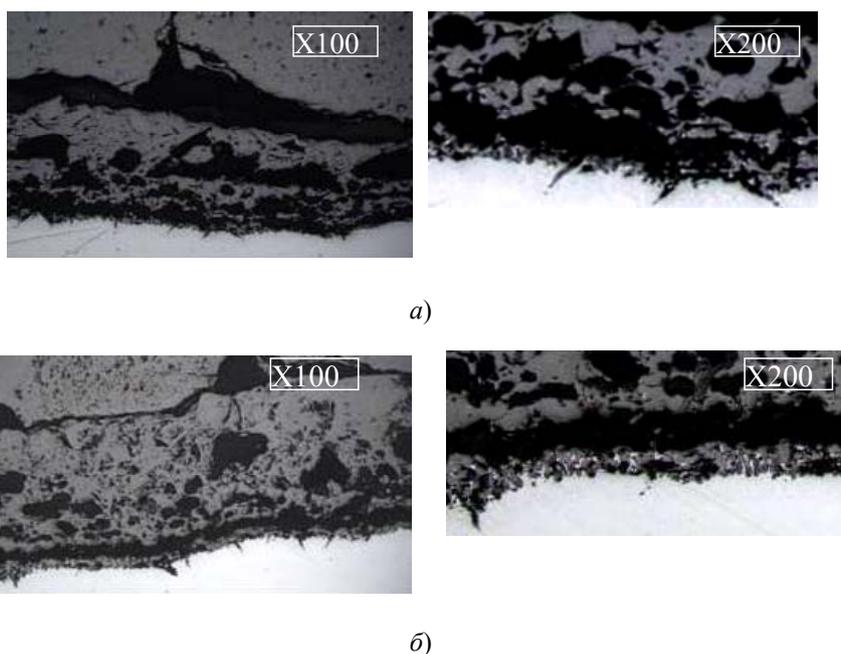


Рис. 3. Окалина в поперечном сечении микрошлифов непрерывно-литой заготовки диаметром 200 мм:
а – стали марки 20; б – стали марки 32Г2

Плотных налипаний окалины на металл обнаружено не было. С заготовок были отобраны пробы для металлографического исследования. Результаты исследования приведены на рис. 4.

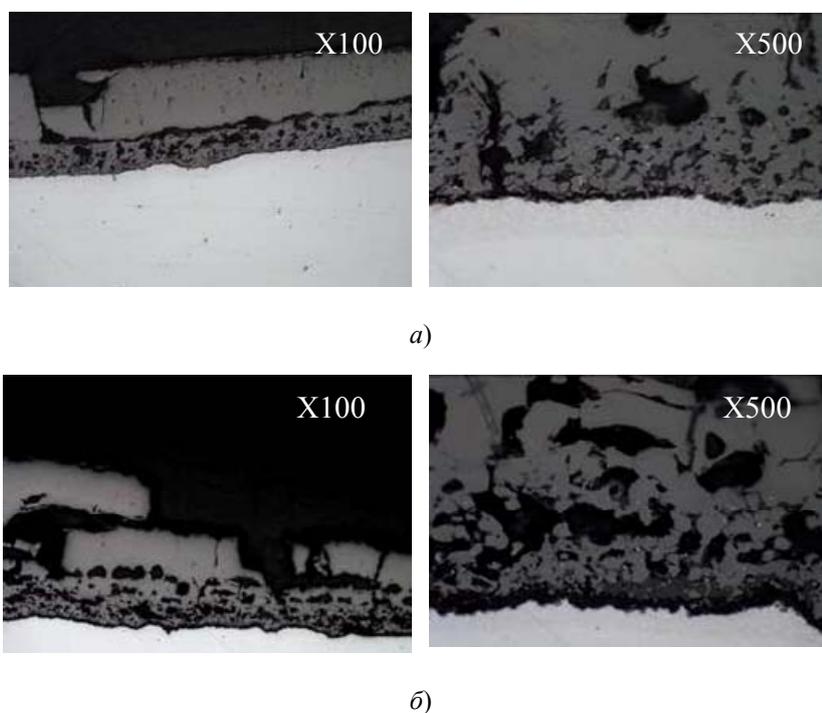


Рис. 4. Окалина в поперечном сечении микрошлифов непрерывно-литой заготовки диаметром 200 мм:
а – стали марки 20; б – стали марки 32Г2

Металлографический контроль показал, что между металлом и окалиной имеется резкая граница, по которой окалина легко удаляется, образуя сравнительно гладкую поверхность отрыва. Глубина залегания окалины составляет 0,40–0,45 мм.

Литература

1. Рентгенофлуоресцентный анализ / В. П. Афонин [и др.]. – Новосибирск : Наука, 1991.
2. Бардыбахин, А. И. О задаче нагрева металла с минимальным окислением / А. И. Бардыбахин // Изв. ВУЗов. Черная металлургия. – 1997. – № 11. – С. 55–59.
3. Северденко, В. П. Окалина при горячей обработке металлов давлением / В. П. Северденко, Е. М. Макушок, А. Н. Раввин. – М. : Металлургия, 1977. – 208 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ОБРАЗОВАНИЕ ДЕФЕКТА «ПРОДИР» ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БЕСШОВНЫХ ТРУБ

О. В. Рожкова

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

Научный руководитель М. Н. Верещагин

В трубопрокатном цехе ОАО «Белорусский металлургический завод – управляющая компания холдинга «Белорусская металлургическая компания» в процессе освоения производства труб нефтегазового сортамента наблюдалась массовая отбраковка труб по дефектам на внутренней поверхности. В результате проведенных исследований дефект был классифицирован как «продир» [1].

Для определения технологических факторов, влияющих на образование дефекта «продир», полученные в процессе производства полуфабрикаты гильзы с прошивного стана и черновой трубы, а также реверсионной трубы с непрерывного стана раскрыли, не повреждая их внутренней поверхности, при помощи механического оборудования. После раскрытия каждого полуфабриката был произведен визуальный осмотр поверхности.

При осмотре внутренней поверхности гильзы был выявлен четкий винтовой след (рис. 1). Толщина стенки по винтовому следу была неравномерна и по длине гильзы составила 13,0–14,7 мм.



Рис. 1. Винтовой след на внутренней поверхности гильзы

Причиной образования дефекта «винтовой след» могли явиться несоосность прошиваемой заготовки и стержня, на котором находилась оправка, или искривление стержня.

При визуальном осмотре внутренней поверхности черновой трубы наблюдались многочисленные налипания графитовой смазки, находящиеся в спекшемся со-

стоянии, с трудом поддающиеся отсоединению от поверхности. Это свидетельствует о том, что смазка находилась в условиях сильного давления между гильзой и раскатной оправкой, что является недопустимым. Также на внутренней поверхности черновой трубы наблюдался дефект «продир», усугубляющийся к заднему концу. Дефект носил массовый характер (рис. 2).



Рис. 2. Внутренняя поверхность черновой трубы

При визуальном осмотре внутренней поверхности реверсионной трубы, начиная с заднего конца, было отмечено наличие ярко выраженных линий среза раскатной оправкой металла с внутренней поверхности реверсионной трубы по верхним точкам на винтовой линии (рис. 3). Зарождение дефекта «продир» происходило именно на этих участках. Далее по длине трубы наблюдались грубые «вырывы» металла в местах, где труба имеет овальную форму, т. е. в зазорах между валками клетей, что свидетельствует о том, что в данном месте был избыток металла, перегибаемого под действием давящего усилия валков клетей в межвалковое расстояние.



Рис. 3. Внутренняя поверхность реверсионной трубы

В результате проведенной работы было установлено, что на образование дефекта «продир» на внутренней поверхности труб оказывает влияние качество нанесения графитовой смазки на раскатную оправку, качество самой смазки и распределение обжатий между прошивным станом и непрерывным станом (размер получаемой гильзы и выбор оптимальных скоростных режимов на непрерывном стане).

Рассмотрим эти факторы. В соответствии с данными фирмы SMS Meer просвет гильзы (расстояние между внутренней поверхностью гильзы и раскатной оправкой) должен находиться в диапазоне от 13 до 17 мм. Это условие необходимо для обеспечения нормальных условий работы графитовой смазки.

Учитывая тот факт, что при прошивке заготовки диаметром 160 мм на прошивном стане внешний диаметр гильзы получали 208–209 мм, а не требуемый 215 мм, и то, что на внутренней поверхности гильзы наблюдался ярко выраженный винтовой

след с перепадом в толщине стенки, можно сделать вывод, что вышеуказанное условие для обеспечения нормальной работы графитовой смазки не выполнялось и просвет гильзы составлял намного меньшие значения. Это означает, что графитовая смазка на оправке при прокате находилась в сильно нагруженном состоянии.

Существенным фактором является качество нанесения смазки на поверхность оправки. При нанесении смазки с низкой вязкостью уменьшается толщина ее слоя и ухудшается адгезия смазки с рабочей поверхностью раскатной оправки.

Немаловажным параметром является соосность гильзы и оправки. При несоблюдении данного условия оправка движется не плавно вдоль оси прокатки, а испытывает колебания во время движения, что будет приводить к выдавливанию графитовой смазки из просвета гильзы и работе смазки в сильно нагруженном состоянии.

Все вышеперечисленные факторы способствуют возникновению прямого контакта относительно холодной поверхности раскатной оправки с внутренней поверхностью гильзы без участия графитовой смазки и вследствие этого образованию дефекта «продир».

При внешнем осмотре отдельных труб было отмечено, что дефекты, расположенные на внутренней поверхности, повторяют контуры дефектов на рабочей поверхности выработанных раскатных оправок.

Причинами же износа поверхности оправок являются относительное смещение трубы по оправке, недостаток технологической смазки на контакте и критический разогрев поверхности оправки [2].

Немаловажную роль на образование дефекта «продир» оказывает выбор оптимальных обжатий на участке «прошивной стан – непрерывный стан», т. е. получение гильзы определенных размеров на прошивном стане и подбор оптимальных скоростных режимов работы непрерывного стана.

При исследовании проб труб с дефектами была установлена взаимосвязь между возникновением дефектов на наружной и внутренней поверхности – на некоторых пробах четко видно, что при наличии таких дефектов, как «ужим» и «морщины» на наружной поверхности, в том же месте на внутренней поверхности наблюдается дефект «продир». Изменение скоростных режимов работы непрерывного стана позволяет уменьшить количество дефектов на наружной поверхности труб, а на внутренней – нет.

Если в непрерывный стан задавать гильзу с толщиной стенки больше оптимальной для данного скоростного режима работы стана и калибра валков клетей (еще и учитывая факт наличия винтового следа на внутренней и наружной поверхности гильзы), то металл гильзы в клетях непрерывного стана будет испытывать большие обжатия, т. е. находится в сложнапряженном состоянии под действием сил давления со стороны валков клетей и раскатной оправки. При этом внешние слои металла под давлением валков клетей будут стремиться перейти во внутренние, на которые, в свою очередь, воздействует раскатная оправка. При этом усиливаются процессы полигонизации – движение дислокаций кристаллической решетки металла и скоплению их в определенных местах – барьерах, препятствующих их дальнейшему движению. Таким образом, в данных условиях внутренние слои металла будут находиться в сильно нагруженном сложнапряженном состоянии.

Дальнейшие исследования технологического процесса позволили выявить следующие факторы, влияющие на образование дефекта «продир».

После окончания процесса прошивки внутренняя поверхность гильзы интенсивно окисляется, особенно в первые 10–100 с. Использование некачественного анти-

окислительного порошка, неудовлетворительное (неравномерное, недостаточное или избыточное) нанесение его на внутреннюю поверхность гильзы в связи с определенным технологическим временем перемещения гильзы (от прошивки заготовки до прокатки в раскатном стане) и на ее внутренней поверхности успевают образоваться окалина в количестве до 120–160 г/м². Попадание остатков неудаленной окалины в очаг деформации на контакт металла с раскатанной оправкой может послужить причиной образования дефекта «продир» на внутренней поверхности труб при раскатке [2].

Образование грубого дефекта «продир» на внутренней поверхности труб связано с образованием на заднем конце гильзы дефекта в виде тонкой металлической кромки.

При передачи гильзы от прошивного стана к раскатному стану достаточно тонкая металлическая кромка успевает охладиться и при вводе раскатной оправки происходит захват и вовлечение металла в просвет гильзы.

Л и т е р а т у р а

1. Дефекты стальных слитков и проката / В. В. Правосудович [и др.]. – М. : Интермет Инжиниринг, 2006. – С. 142–143.
2. Данченко, В. Н. Непрерывная прокатка / В. Н. Данченко. – 2002. – С. 450.

СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ САМОФЛЮСУЮЩИХСЯ ПОРОШКОВЫХ СИСТЕМ ГАЗОПЛАМЕННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ

И. М. Крижевский, М. Д. Яньшин

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

Научный руководитель И. В. Агунович

Из методов газотермического напыления газопламенное напыление является наиболее простым, дешевым и мобильным. Отсутствие угара легирующих элементов, большая производительность при высоком коэффициенте использования материала обеспечивают преимущества этого метода по сравнению с плазменным и детонационно-газовым напылением. Результатом использования этой методики является получение коррозионно-стойких, жаростойких и износостойких покрытий на деталях машин (втулки переключения, ролики рольгангов, посадочные места подшипников, валы и т. д.). Использование оплавленных покрытий из самофлюсующихся порошков позволяет добиться высокой термостойкости и химической устойчивости во многих агрессивных средах.

Основными параметрами напыленных покрытий, определяющими их качество, являются прочность сцепления нанесенного материала с поверхностью детали и плотность покрытия.

Целью данной работы было исследование микроструктуры покрытий, полученных газопламенным напылением на основе порошковых систем Ni-Cr-B-Si, Ni-Cr-B-Si+W-Co, Fe-B, и их механических свойств.

Методика исследований

Покрытия наносили при помощи высокоскоростной газопламенной установки «ТРУ-БИ» производства БНТУ. В качестве газов были использованы МАФ, кислород и воздух. Температура факела составляет приблизительно 2800 °С. Скорость частиц на выходе – около 200 м/с. После напыления покрытия подвергались оплавлению в печи при температуре 1080 °С в течение 5 мин.

В качестве напыляемого материала применяли порошок на основе никеля Ni-Cr-B-Si (С – 1,5 мас. %; Cr – 26 мас. %; Si – 2,3 мас. %; В – мас. 3 %; Ni – остальное) с размером частиц 30–50 мкм; Ni-Cr-B-Si+W-Co (W-Co – 25 % мас.) с размером частиц 10 мкм; Fe-B (Fe – 3 % масс), размер фракций \approx 50 мкм. Вследствие очень высокой твердости карбида вольфрама предполагалось получение особенно стойкого покрытия в условиях эрозионного и абразивного износа.

Результаты исследований

На поверхность основы напыляемый порошок поступал в виде мелких расплавленных или пластифицированных частиц, которые, ударяясь о нее, деформировались и, закрепляясь, накладывались друг на друга, образуя слоистое покрытие (рис. 1). Граница раздела между слоями 2, полученная за один проход распылителя, возникает из-за различной выдержки между нанесением частиц в слое и между слоями. За период выдержки межслойного нанесения поверхность ранее нанесенного слоя покрытия загрязняется, окисляется и контактные процессы между ней и напыляемыми частицами затрудняются, что и является причиной возникновения границы. При напылении частицы переплавляются, испаряются и вступают в химическое взаимодействие с нагретым газом и окружающей средой. Удар и деформация частиц приводят к их чрезвычайно быстрой кристаллизации и охлаждению со скоростями, достигающими 10^6 – 10^8 К/с. Таким образом, достигается возможность получения микрокристаллической структуры и даже аморфной.

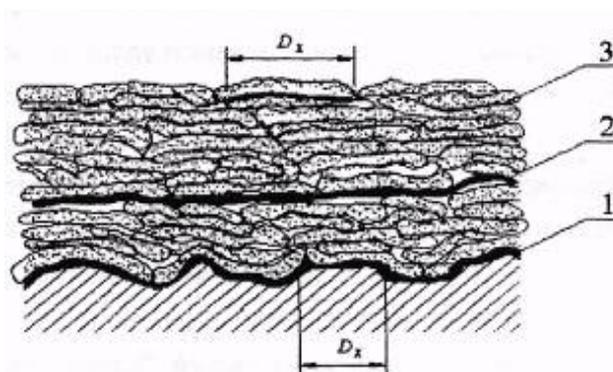


Рис. 1. Схема структуры покрытий:

1 – граница между покрытием и основой; 2 – межслойная граница;
3 – граница между частицами; Dx – диаметр участка пятна контакта,
на котором происходит «приваривание» частицы

Микроструктура покрытий, полученных при газопламенном напылении, является сложной и многофазной. Так, микроструктура после напыления порошка Ni-Cr-B-Si является двухфазной, с резко очерченными межфазными границами, довольно однородная. Размер фаз в среднем \sim 2–10 мкм (рис. 2). Структура состоит из твердого раствора на основе никеля, многокомпонентной эвтектики боридов, карбидов и силицидов.

В период между напылением слоев на поверхности покрытия происходит адсорбция газов, окисление и отложение пылевидных фракций распыляемого материала и его оксидов. Образование покрытия последовательной укладкой множества деформирующихся частиц неизбежно приводит к появлению микропустот, покрытие формируется в атмосфере, поэтому микропустоты заполняются газом. Вследствие большой шероховатости покрытия и чрезвычайно быстрого растекания и кристалли-

зации частиц в зоне контактов с поверхностью ранее нанесенных частиц остаются дефекты и полости, которые образуются также вследствие выделения газов, растворенных в расплавленных частицах.

Пористость покрытия после напыления порошка Ni-Cr-B-Si высокая (~ 31 %), размеры пор ~ 80 мкм. С глубиной напыленного слоя пористость уменьшается, минимальная пористость наблюдается в месте непосредственного контакта с поверхностью подложки.

Структура и свойства покрытия зависят от гранулометрического состава напыляемого порошка. С уменьшением размера частиц порошка улучшается заполнение покрытия – плотность его увеличивается, объем микропустот уменьшается, строение покрытия становится более однородным. Слишком мелкие порошки непригодны для напыления. Минимальный размер частиц для напыления – 10 мкм, порошки с меньшими размерами частиц комкуются из-за влажности и проявления сил молекулярного сцепления.

При добавлении в порошок Ni-Cr-B-Si карбида вольфрама микроструктура покрытия становится более неоднородной (предположительно, вследствие значительной разницы в размере частиц порошка в механической смеси), но количество пор заметно снижается (~ 22 %), что вызвано большой энергией активации частиц вольфрама (рис. 3). Структурная неоднородность также вызвана различными условиями охлаждения и теплопередачи слоев в процессе напыления. На плоскости шлифа наблюдаются карбиды, неравномерно распределенные в плоскости шлифа.

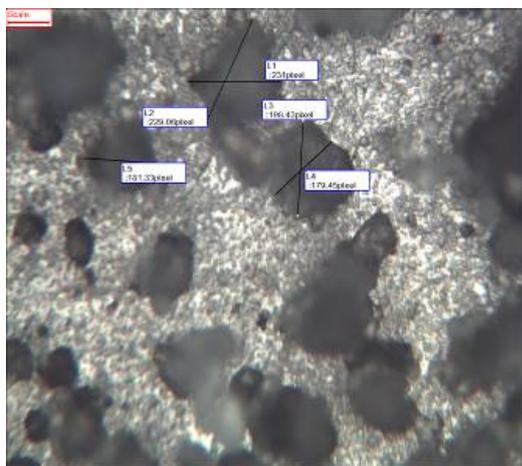


Рис. 2 Микроструктура покрытия сплава Ni-Cr-B-Si ($\times 300$)



Рис. 3 Микроструктура покрытия Ni-Cr-B-Si-W-Co ($\times 300$)

Микроструктура после напыления Fe-V является двухфазной, неоднородной. Структура предполагает наличие фаз Fe_2V и FeV и метастабильных боридов Fe_3B (карбида Fe_3C) и $Fe_{23}B_6$. Пористость составляет ~ 27 %.

Значения микротвердости напыленных покрытий приведены на рис. 4.

Как видно из гистограммы, наибольшей микротвердостью обладает покрытие системы Fe-V.

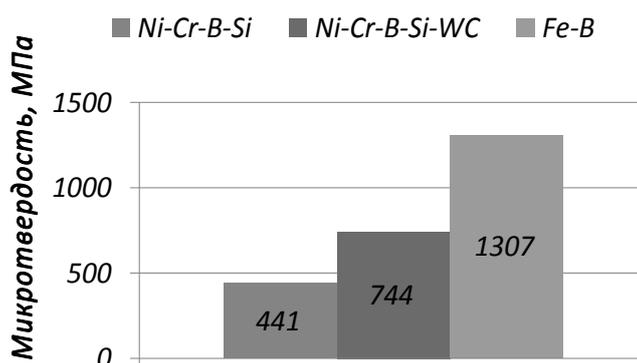


Рис. 4. Микротвердость наплавленных покрытий

Заключение

Микроструктура покрытий, полученных при газопламенном напылении, является сложной и многофазной. Добавление карбида вольфрама в самофлюсующийся порошок Ni-Cr-B-Si положительно сказывается на свойствах покрытия, полученного газопламенным напылением. Карбид вольфрама помогает сделать структуру покрытия более плотной и уменьшить объем микропустот. Микротвердость покрытия с применением порошка Ni-Cr-B-Si-W-Co увеличивается на 60–70 % по сравнению с простым порошком сплава Ni-Cr-B-Si.

Распределение пор по объему покрытий неравномерно. С глубиной напыленного слоя пористость уменьшается, минимальная пористость наблюдается в месте непосредственного контакта с поверхностью подложки.

С увеличением содержания боридов и карбидов и с уменьшением структурных составляющих и микропустот микротвердость наплавленных покрытий увеличивается.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ АНТИФРИКЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПОЛИАМИДА

А. С. Фроленков

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

Научный руководитель И. В. Царенко

Введение

Развитие современного машиностроения и, в частности, таких его отраслей, как тракторо- и автомобилестроение, невозможно без создания новых и совершенствования уже применяемых в узлах машин и механизмов полимерных материалов. При этом решаются задачи снижения массы отдельных деталей, уменьшения потерь на трение, повышения долговечности, сокращения вредных выбросов в атмосферу и т. д.

Одним из ключевых направлений, которому в настоящее время в машиностроении уделяется особое внимание, является разработка рецептур и технологий получения материалов антифрикционного назначения. В этой области можно выделить два важнейших пути: синтез новых полимеров и модифицирование уже существующих. Реализация первого направления осложняется необходимостью существенных единовременных капиталовложений, продолжительными временными интервалами от начала исследований и до получения конечного результата, необхо-

димостью применения дорогостоящего оборудования и привлечения высококвалифицированного персонала. Поэтому наиболее выгодно и приемлемо второе направление, основанное на модифицировании традиционных полимеров.

Перечень полимерных материалов, используемых в настоящее время в узлах трения, достаточно обширен [1]. Однако следует отметить, что наиболее перспективным представляется разработка композиций, в которых в качестве материала матрицы используются термопластичные полимеры, поскольку они обладают высокой технологичностью и возможностью осуществления рециклинга после выработки деталью своего ресурса.

Материалы

Основой для исследуемых полимерных композиционных материалов является один из наиболее распространенных конструкционных термопластов – полиамид-6 (ПА6), обладающий высокой износостойкостью и механическими свойствами. Однако его использование в подвижных соединениях сдерживается высоким коэффициентом трения, что является причиной повышенных температур, развиваемых в зоне фрикционного контакта и, как следствие, высокой вероятностью теплового разрушения полимерного образца. Кроме того, ПА6 обладает способностью сорбировать воду из окружающей среды, при этом заметно снижаются его механические свойства, возрастает коэффициент трения и интенсивность изнашивания.

Эффективным способом модифицирования полимерных материалов с целью повышения их механических характеристик и нагрузочной способности узлов трения является наполнение их твердыми смазочными материалами.

В качестве наполнителя в данной работе использовался скрытокристаллический естественный графит марки ГЛС-1 по ГОСТ 17022–81, получаемый путем размола графитовых руд и применяемый в литейном и металлургическом производстве.

Цель исследования

Изучить влияние графита на свойства композиционного полимерного материала на основе ПА6, а именно:

- на механические характеристики;
- на триботехнические характеристики.

Задача исследования

Определить концентрацию графита в композиционном материале на основе ПА6, характеризующемся оптимальными свойствами.

Оборудование и технология получения экспериментальных образцов

Исследование термопластичных полимеров и композиций на их основе проводили на блочных экспериментальных образцах, изготовленных методом литья под давлением на термопластавтомате ДГ 3121-16П.

Методика исследования

Показатели *механических свойств* образцов определяли методом растяжения, сжатия и изгиба. Предел текучести, прочность и относительное удлинение при разрыве находили по ГОСТ 112262–76 на универсальной машине Instron 5567 (США). Ударную вязкость определяли по Шарпи (ГОСТ 4647–80) на маятниковом копре ПСВ-1,5. Модуль упругости при изгибе и максимальное изгибающее напряжение определяли по ГОСТ 9550–71 на машине Plastics Bending Tester AS-102, Hungary. *Триботехнические испытания* проводились на машине трения 2070 СМТ–1 (ООО «Точприбор», г. Иваново, Россия). Испытания выполняли с использованием схемы «вал – частичный вкладыш». Технические характеристики машины трения 2070 СМТ–1 позволяют проводить испытания при скоростях до 3 м/с и нагрузках до 2000 Н.

На рис. 1, а представлен эскиз контртела – ролика, выполненного из материала «Сталь 45» (ГОСТ 1050–88, твердость рабочей поверхности HRC₃ – 45–50). На рис. 1, б представлен общий вид и геометрические размеры исследуемого образца. Отверстие под термопару в образце выполняли диаметром, обеспечивающим плотную посадку термопары на расстоянии от поверхности трения, согласно рис. 1, б.

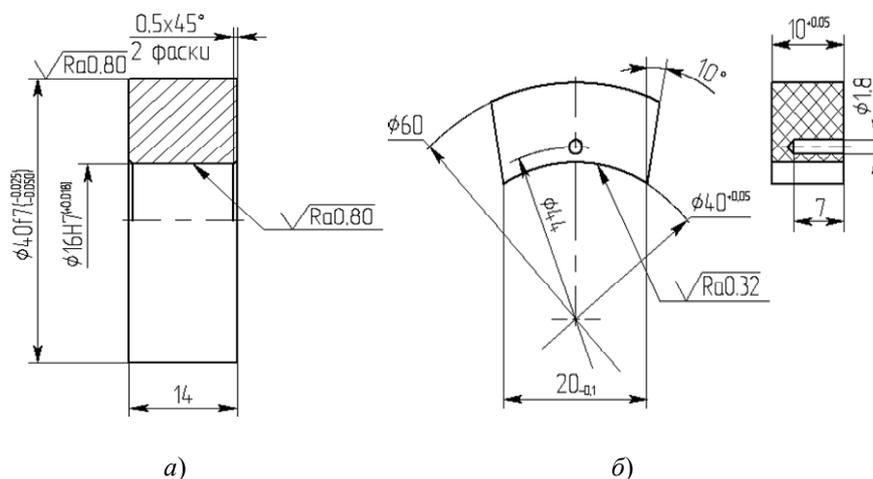


Рис. 1. Геометрия пары трения:
а – металлического контртела; б – образца

Результаты исследований

Изменение комплекса механических характеристик полимерного композиционного материала при введении в него графитового наполнителя представлено в таблице.

Механические свойства ненаполненного и наполненного ПАб

Наполнитель	Концентрация, %	Показатель						
		σ_T , МПа	ϵ_p , %	σ_p , МПа	$\sigma_{сж}$, МПа	a , кДж/м ²	E_n , ГПа	σ_n , МПа
–	0	61 ± 3	370	75 ± 3	78 ± 3	8,1*	2,20	95
Графит	1	60 ± 2	262	64 ± 3	85 ± 4	7,1*	2,18	95
	5	58 ± 2	17	50 ± 2	83 ± 4	51,7	2,23	96
	10	55 ± 2	11	53 ± 2	81 ± 4	47,9	2,58	99
	15	53 ± 2	9	53 ± 2	79 ± 3	29,2	2,49	94

Примечание. Звездочкой обозначены данные, полученные на образцах с надрезом.

Как можно видеть из таблицы, добавление графита в полиамидную матрицу приводит к повышению модуля упругости материала при изгибе (максимальный прирост составляет ≈ 17 %). Однако при 15-процентном наполнении наблюдается тенденция к снижению как модуля упругости, так и максимального напряжения при изгибе. Это может быть следствием ухудшения диспергирования наполнителя в матрице.

Наиболее высокой ударной вязкостью характеризуется материал с минимальным содержанием графита, образцы из которого не разбиваются без надреза. Однако уже при 5-процентном его содержании разрушение образцов при ударном воздействии

вии происходит без нанесения надреза, а с дальнейшим ростом количества вводимого графита ударная вязкость резко снижается.

Данные о триботехнических свойствах исследуемого полимерного композиционного материала представлены на рис. 2.

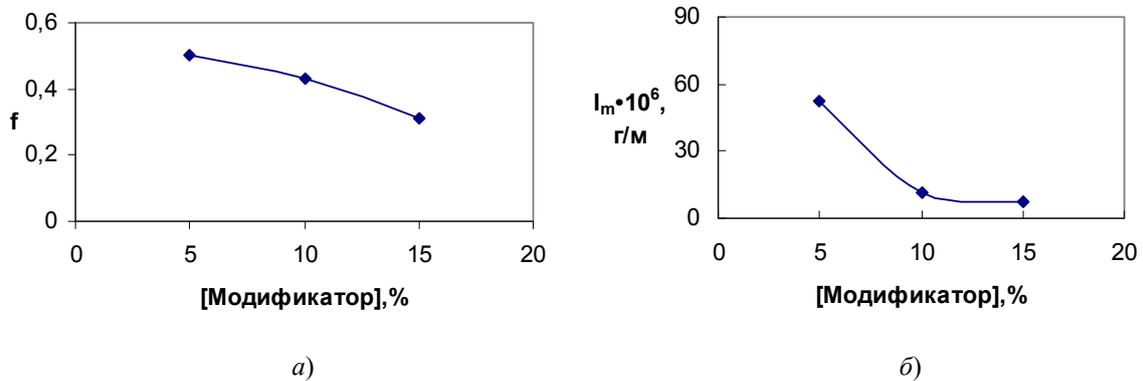


Рис. 2. Зависимость коэффициента трения (а) и интенсивности изнашивания (б) ПА6 от концентрации графита; $v = 0,63$ м/с; $p_k = 1$ МПа

Как видно из графиков, представленных на рис. 2, коэффициент трения заметно снижается при содержании графита более 5 % (рис. 2, а), а интенсивность изнашивания резко уменьшается с увеличением количества наполнителя до 10 % и затем при изменении концентрации графита в пределах 10–15 % изменяется незначительно (рис. 2, б).

Примечание. Обозначения: σ_t – предел текучести при растяжении; ϵ_p – относительное удлинение при разрыве; σ_p – прочность при разрыве; $\sigma_{сж}$ – предел текучести при сжатии; a – ударная вязкость; E_n – модуль упругости при изгибе; σ_n – максимальное изгибающее напряжение; f – коэффициент трения; I_m – массовая интенсивность изнашивания; v – скорость скольжения; p_k – удельная контактная нагрузка.

Заключение

Анализ литературных данных по данной теме свидетельствует о том, что полимерные композиции антифрикционного назначения на базе алифатических полиамидов весьма перспективны для Беларуси, располагающей промышленным производством базовых компонентов.

Введение твердого смазочного материала (в частности, графита) в ПА6 позволяет улучшить его триботехнические свойства. Оптимальными свойствами обладает ПА6 с содержанием 10-процентного графита.

Литература

1. Применение полимерных материалов в автомобилестроении / А. И. Буря [и др.]. – Дн. : Навчальна книга, 2001. – 125 с.

ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА И ВОДЫ

М. А. Ковалевич, А. А. Курочкин, Г. Д. Копкин

*Учреждение образования «Гомельский государственный университет
имени Ф. Скорины», Беларусь*

Научный руководитель В. Е. Гайшун

Проблема загрязнения воды органическими соединениями, бактериями и вирусами очень остро стоит перед всем урбанизированным мировым сообществом. Применяемые в настоящее время такие технологии очистки, как сорбционные (сорбция на угле и коагулянтах), разделительные (мембранные технологии и продувка воздухом) и деструктивные (озонирование и хлорирование, биохимический метод), имеют свои слабые стороны. При применении сорбционных технологий происходит накопление загрязнителей на поверхности сорбента. В этом случае сорбент с загрязнителями требует дополнительной утилизации или захоронения. Таким образом, загрязнители лишь переносятся в другое место, а не уничтожаются. При применении разделительных технологий, например, мембранных происходит накопление загрязнителей на какой-либо фильтрующей поверхности, а затем сброс накопленного обратно в воду. При продувке же воздухом загрязнители выбрасываются в атмосферу. В любом случае проблема загрязнения переносится лишь в другое русло, а не решается полностью.

В настоящее время наряду с увеличением темпов роста промышленного производства и хозяйственной деятельности обостряется проблема очистки воды. Существующие на сегодняшний день сорбционные, деструктивные и разделительные технологии лишь частично решают проблему загрязнения воды, так как предусматривают дополнительное обезвреживание и захоронение отходов, скапливающихся на поверхности сорбентов или фильтров в процессе очистки. Фотокаталитический метод выгодно выделяется на фоне указанных технологий и обладает комплексом положительных свойств. Так, применение данного метода снижает объемы выброса в атмосферу окислителей типа хлора и озона, устраняет необходимость обезвреживания отходов, так как его реализация не связана с накоплением загрязнителей, требующих последующей утилизации.

Наноструктурированные материалы создают благоприятные предпосылки для эффективного решения задач по очистке воды от органических загрязнений и инфекционных агентов. Установлено, что окислительно-восстановительные реакции на поверхности пленок на основе диоксида титана разлагают загрязнения до экологически безопасных составляющих. Стимулирующим фактором в данных процессах выступает фотоэлектрический катализ, протекающий под воздействием излучения видимого и ультрафиолетового диапазона.

В этой связи актуальной представляется разработка и внедрение систем очистки воды и комбинированной очистки водно-воздушных смесей на основе фотокаталитических покрытий. В качестве таковых могут выступать тонкопленочные системы на основе оксида титана.

Однако основной проблемой их использования является слабая активность в видимой области спектра, что приводит к сравнительно небольшому квантовому выходу реакций, неселективному характеру их протекания и образованию побочных продуктов. Поэтому актуальной проблемой является разработка составов и получение

ние таких фотокаталитических систем, которые будут обладать высокой фоточувствительностью, достаточно высокой химической стабильностью, развитой удельной, химически активной поверхностью. Обзор научно-технической и патентной литературы показал возможность применения ZrO_2 в качестве фотокатализатора.

Среди наиболее перспективных технологических подходов к созданию фотокаталитически активных покрытий на основе оксидов тугоплавких металлов выделяется золь-гель метод, позволяющий формировать наноструктурированные материалы повышенной чистоты. Основанный на осаждении гидроксидов либо этоксидов металлов с последующей кристаллизацией оксидов при термической обработке, данный метод позволяет в широких пределах варьировать физико-химические свойства получаемых покрытий и достигать значительного взаимодействия компонент пленкообразующего раствора. В то же время золь-гель синтез фотокаталитических покрытий является более энергоэффективной технологией по сравнению с вакуумными и плазменными методами.

Способ получения коллоидных растворов эфиров из различных металлорганических соединений кремния, титана и циркония получили широкое применение в процессах создания просветляющих, защитных, светоделительных, диэлектрических и других покрытий на различных поверхностях, а также для получения так называемого гидролизата. По этому способу можно приготовить коллоидный раствор, в котором концентрация эфира будет несравненно большей, чем в растворе, полученном с помощью катионообменных смол. Кроме того, способ приготовления золь эфиров из соединений на основе кремния, титана и циркония позволяет получать безщелочные золи, сохраняющиеся в течение многих месяцев.

Можно выделить три стадии золь-гель процесса:

- 1) приготовление коллоидного раствора – *золя*;
- 2) формирование *геля* на поверхности подложки;
- 3) удаление растворителя, образование твердой пленки (термообработка).

Для формирования покрытий на поверхности подложки из стекла, монокристаллического кремния или алюминия в зависимости от формы и размеров подложки, а также необходимой толщины покрытия могут использоваться методы центрифугирования, окунания или распыления.

Для получения покрытий на плоских подложках оптимальным быстрым способом является способ нанесения методом центрифугирования.

Способ центробежного нанесения пленки отличается от способа вытягивания из раствора тем, что осаждающийся слой формируется путем растекания под действием центробежных сил.

Избыток жидкости попадает на подложку на стадии нанесения, жидкость радиальным потоком стекает с подложки под действием центробежной силы.

Толщина золь-гельных пленок, формируемых методом центрифугирования, зависит от вязкости пленкообразующего раствора и частоты вращения подложки. Поэтому для получения пленок требуемой толщины и однородности необходимо установить корреляцию между параметрами коллоидного раствора, скоростью вращения детали и диаметром подложки.

Для получения покрытий на сложных по рельефу подложках оптимальными быстрыми способами являются методы напыления и окунания.

После нанесения золя на поверхность подложек они были помещены в печь, где были нагреты до температуры $400\text{ }^\circ\text{C}$ и отжигались в течение 30 мин, затем извлекались и остывали на воздухе.

Высокотемпературная обработка, после которой происходит полное уплотнение пленок и их остекловывание, оказывает существенное влияние на структуру золь-гельных пленок. Процесс термообработки при переходе «гель-оксид» можно разбить на три стадии:

- 1) полное удаление физически адсорбированной воды и остатков органического растворителя (до 200 °С);
- 2) окончательный гидролиз пленкообразующих, разложение промежуточных продуктов гидролиза и органических остатков (200–400 °С);
- 3) полная дегидратация и окончательное формирование оксида, стеклообразование в многокомпонентных пленках (выше 200 °С).

К настоящему моменту выяснено, что на поверхности ZrO_2 могут быть окислены (минерализованы) до CO_2 и H_2O практически любые органические соединения. Если в состав соединений входят азот или атомы галогена X, то в продуктах реакции будут наблюдаться HNO_3 и HX . Единственным известным примером соединения, которое не подвергается на поверхности ZrO_2 окислению под действием света, является тетрахлорметан, но уже трихлорэтилен разрушается на TiO_2 под действием света.

На практике любой фотокаталитический очиститель воздуха включает в себя пористый носитель с нанесенным ZrO_2 , который облучается светом и через который продувается воздух. Органические молекулы из потока адсорбируются на поверхности фотокатализатора, нанесенного на пористое стекло (фотокаталитический фильтр), и окисляются до углекислого газа и воды под действием света от УФ-лампы.

Фактически, фотокатализ дает уникальную возможность глубоко окислять органические соединения в мягких условиях, а простота самих устройств позволяет надеяться на прекрасные перспективы использования фотокатализа на практике. В настоящее время к широкому выпуску фотокаталитических очистителей воздуха приступили такие известные фирмы, как «Toshiba», «Sharp», «TOTO».

Помимо описанных устройств можно использовать активный ZrO_2 и для покрытия стен помещений. В этом случае вся поверхность помещения работает как очиститель воздуха. На поверхности ZrO_2 под действием света не только разрушаются органические молекулы, но и гибнут вредные микроорганизмы, даже обладающие высокой сопротивляемостью к ультрафиолету.

Так же как и в воздухе, в воде органические примеси, попав на поверхность частички ZrO_2 , могут быть окислены до CO_2 и H_2O . К настоящему времени определено, что в облучаемых суспензиях ZrO_2 этому процессу подвержены практически любые органические соединения. Однако, как правило, характерные периоды полного окисления составляют несколько часов, это частично связано с существенно более медленной диффузией органических молекул в воде, чем в воздухе. Типичный коэффициент диффузии в воде составляет около 10^{-5} см²/с, что, по крайней мере, на четыре порядка меньше, чем в воздухе при нормальных условиях. Использование суспензии ZrO_2 технологически считается не совсем удобным, так как требует последующего удаления ZrO_2 из потока. В принципе эти проблемы решаются, однако до сих пор неизвестны примеры практического использования проточных фотокаталитических реакторов с гетерогенным катализатором из ZrO_2 .

Наиболее перспективным является использование ZrO_2 для очистки сточных вод в накопительных резервуарах и отстойниках. Доказано, что пестициды, используемые в сельском хозяйстве, в водоемах разрушаются в течение нескольких месяцев. Добавление небольших количеств безвредного ZrO_2 позволяет сократить это время до нескольких дней без использования искусственных источников света, так как процесс идет под действием солнечного света.

Таким образом, можно сделать вывод, что основные достоинства технологии очистки воды и воздуха с использованием ZrO_2 заключаются в том, что вредные вещества и запахи разрушаются на молекулярном уровне до безвредных, а также в практичности и многофункциональности.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА И ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ

М. А. Белая, А. Л. Шеменкова, П. В. Лустенков

*Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет», г. Могилев, Беларусь*

Научный руководитель В. М. Шеменков

Качественные изменения в металлообработке последних лет повышают требования к работоспособности и надежности режущего инструмента.

Резервы повышения износостойкости инструментальной и технологической оснастки за счет создания новых материалов в значительной степени уже исчерпаны или связаны со значительными материальными затратами. Поэтому особое значение в настоящее время приобретают вопросы, связанные с внедрением технологических процессов модифицирования рабочих поверхностей.

Одним из перспективных способов повышения износостойкости рабочих поверхностей инструментальной оснастки является процесс модифицирующей обработки тлеющим разрядом [1].

Разработанный метод модифицирования по сравнению с существующими обладает рядом преимуществ. Метод позволяет повысить износостойкость всей гаммы инструментальных материалов. Отсутствуют традиционные для аналогичных видов обработки операции подогрева, нагрева и охлаждения изделий, предварительной термообработки, что приводит к повышению производительности процесса. В процессе обработки изделие нагревается до температуры 423 К, что обеспечивает сохранность его конструктивных и геометрических параметров. Отсутствие специальных устройств для подготовки рабочей среды экономически выгодно отличает предложенный метод от аналогов. Процесс модифицирующей обработки тлеющим разрядом нетоксичен и отвечает самым жестким требованиям по защите окружающей среды.

Однако стоит отметить, что упрочнение рабочих поверхностей инструментальной оснастки тлеющим разрядом является эффективным, но недостаточно производительным методом. Известным фактом является то, что эффективность обработки зависит от интенсивности диффузионных процессов в обрабатываемом материале. Повышение температуры плазмы тлеющего разряда в прикатодной области до величины, равной 0,2–0,3 от температуры плавления обрабатываемого материала, приводит к ускорению в нем диффузионных процессов в разы, а процессы модификации материала протекают на большие глубины.

При классической обработке изделий тлеющим разрядом указанная температура достигается в среднем за 15–20 мин в зависимости от габаритных и массовых параметров обрабатываемого изделия. Применение «катодного» магнитного поля с магнитной индукцией от 0,2 до 0,5 Тл позволяет увеличить температуру и скорость нагрева обрабатываемых поверхностей, что объясняется более высокой плотностью ион-

ного тока вследствие увеличения генерации заряженных частиц. Данный факт приводит к увеличению интенсивности ионной бомбардировки изделия и значительному росту скорости упрочнения, тем самым сокращая время обработки [2].

В Белорусско-Российском университете для реализации комплексной обработки тлеющим разрядом и постоянным магнитным полем разработана установка вакуумная, состоящая из вакуумной камеры, откачного поста, блока питания, анода и катода, которые расположены на расстоянии от 0,5 до 0,6 м. Обработка инструментальной оснастки осуществляется в вакууме с разряжением от 13,3 до 53,2 Па, тлеющим разрядом с напряжением от 1 до 3 кВ. Сущностью предлагаемого метода является то, что катод расположен в силовых линиях постоянного магнитного поля, и плотность тока между анодом и катодом составляет от 0,001 до 0,050 мА/см² [3].

На рис. 1 показана схема установки, которая состоит из анода (1), выполненного из токопроводящего материала или их комбинации, установленного в диэлектрическом стакане (2), закрепленном на корпусе сверху вакуумной камеры (3). На противоположной стороне внизу вакуумной камеры расположен катод (4), площадь которого в 100 раз больше площади анода. Катод расположен в силовых линиях постоянного магнитного поля магнита (19) (рис. 2), на диэлектрическом основании (5), изолирующем катод от камеры. Катод и анод подключены к блоку питания (6), состоящего из преобразователя высокого напряжения (14) и специального блока измерения и управления (15). Откачной пост (18) состоит из форвакуумного насоса (8), заслонки паромасляного диффузионного насоса (12), самого диффузионного насоса (13), ловушки (16) и клапанов (9, 10).

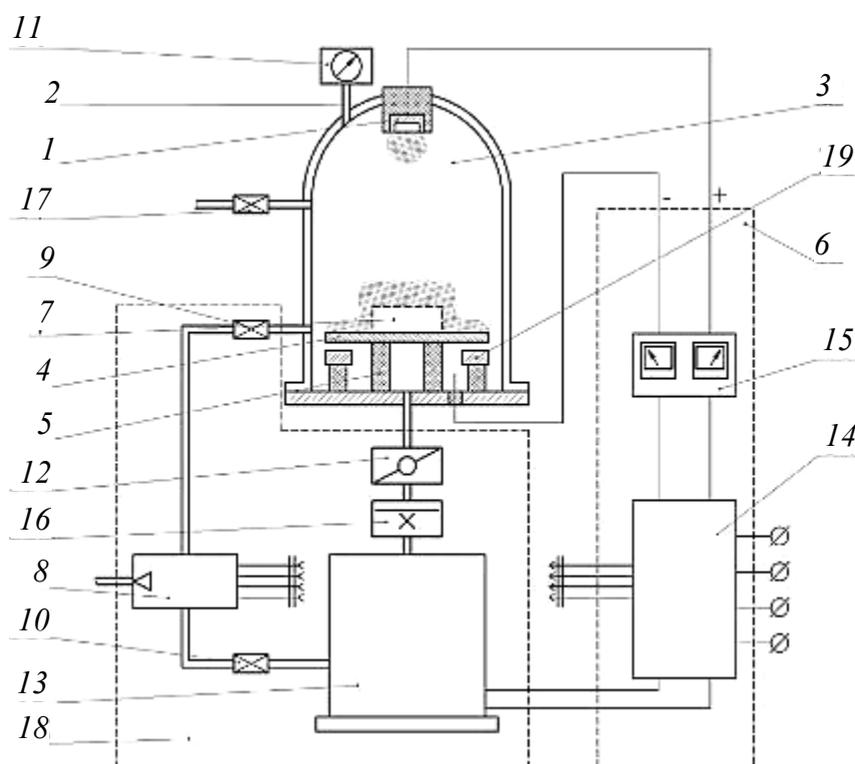


Рис. 1. Установка вакуумная для упрочнения изделий комплексным воздействием тлеющего разряда и постоянного магнитного поля

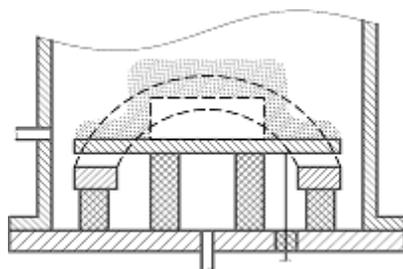


Рис. 2. Конструкция катодного узла

Установка работает следующим образом. Изделие (7), подлежащее упрочнению, помещают на катод. Камеру закрывают и откачивают воздух до рабочего давления при помощи форвакуумного насоса, устанавливая величину разряжения 13,3–53,2 Па и контролируя ее вакуумметром (11). Заслонку диффузионного насоса закрывают и включают цепь питания преобразователя высокого напряжения, благодаря чему между анодом и катодом создается разность потенциалов, величину которой устанавливают в необходимых пределах при помощи специального блока измерения и управления блока питания. В результате этого возникает пробой разрядного промежутка с возникновением тлеющего разряда.

В процессе обработки эмитированные с катода и изделия под действием ионной бомбардировки электроны захватываются магнитным полем и оказываются в его ловушке. Циркулируют в нем до тех пор, пока не произойдет несколько ионизирующих столкновений с атомами остаточных атмосферных газов, в результате которых они теряют полученную от электрического поля энергию. Тем самым значительно повышают эффективность процесса ионизации и концентрацию положительных ионов у поверхности катода. Что приводит к увеличению интенсивности ионной бомбардировки изделия и значительному росту скорости упрочнения, тем самым сокращая время обработки. После окончания обработки в рабочую камеру напускают воздух путем открытия клапана (17).

В заключение стоит отметить, что классическая обработка тлеющим разрядом приводит к повышению микротвердости инструментальных материалов в среднем на 8–12 %, а при комплексном воздействии высоковольтного тлеющего разряда и постоянного магнитного поля повышение микротвердости образцов составило 10–15 %. Причем, если время обработки по первому способу составило около 30 мин, то по второму – 22 мин.

Таким образом, применение магнитного поля позволило сократить время обработки в среднем на 35 %, что указывает на большую эффективность предлагаемого метода.

Литература

1. Пат. № 14716 ВУ Респ. Беларусь, U С 21 D 1/78. Способ упрочнения изделий из металла или сплава, или сверхтвердого или графитсодержащего материала / В. М. Шеменков, А. Ф. Короткевич ; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т. – № 20091136 ; заявл. 27.07.2009 ; опубл. 30.08.2011. – 3 с.
2. Использование комплексного воздействия тлеющего разряда и постоянного магнитного поля для повышения износостойкости инструментальной и технологической оснастки / М. А. Беляя [и др.] // Достижения молодых ученых в развитии инновационных процессов в экономике, науке, образовании : материалы IV междунар. науч.-практ. конф. : Брянск, 2012 г. Ч. 1 / М-во образования и науки Рос. Федерации, Брянский гос. техн. ун-т. – 2012. – С. 38.

3. Пат. № 9478 ВУ Респ. Беларусь, МПК С 23С 14/00. Установка вакуумная для упрочнения изделий комплексным воздействием тлеющего разряда и постоянного магнитного поля / В. М. Шеменков, М. А. Белая, А. Л. Шеменкова, В. В. Малутин, А. С. Батраков (ВУ) ; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т. – № 9478 ; заявл. 25.11.2012 ; опубл. 26.12.2012. – 3 с.

УПРОЧНЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ ТЛЕЮЩИМ РАЗРЯДОМ

В. А. Герасимович, А. О. Аржанов, В. П. Подольский

*Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет», г. Могилев, Беларусь*

Научный руководитель М. А. Белая

Качественные изменения в металлообработке, связанные с появлением труднообрабатываемых материалов, применение станков с числовым программным управлением, многоцелевых станков, гибких производственных систем повышают требования к работоспособности и надежности инструментальной оснастки.

Проблема увеличения твердости и износостойкости в ряде случаев решается путем модифицирования поверхностного слоя. Традиционные способы модифицирования, такие, как поверхностная термообработка, ХТО, нанесение электролитических покрытий, наплавка и другие, как правило, не обеспечивают необходимой износостойкости инструмента, не универсальны, экономически не обоснованы и оказывают вредное влияние на экологию.

Все из перечисленных способов имеют ряд недостатков, таких, как отслаивание покрытия от основы; недостаточная эксплуатационная стойкость; качество обработки поверхности изделий остается неудовлетворительным; необходимость использования ряда подготовительных операций; малая производительность процесса; нестабильность горения разряда, малое количество ионов на m^2 , нерациональное использование рабочего объема, в результате чего получается сильный разброс по величине напряжений.

В значительной мере всех перечисленных недостатков лишен метод ионно-плазменной обработки поверхности. Он позволяет получать покрытия и упрочненные слои, которые служат диффузионными барьерами, уменьшают трение, износ инструмента, усилия резания и деформирования. Кроме того, благодаря малой теплопроводности, эти покрытия и слои защищают подложку от перегрева, снижают склонность к схватыванию с обрабатываемым материалом и налипанию его на инструмент.

Метод модифицирующей обработки инструментов в тлеющем разряде был разработан на кафедре «Металлорежущие станки и инструменты» Могилевского машиностроительного института в середине 80-х гг. под руководством доктора технических наук, профессора Ходырева Виктора Ивановича.

Разработанный способ модифицирующей обработки твердосплавных инструментов тлеющим разрядом характеризуется тем, что между столон – катодом, на котором помещают изделия, и анодом зажигают тлеющий разряд при давлении остаточных атмосферных газов 1,3...13,3 Па, напряжении 1...3 кВ и расстоянии между анодом и катодом в интервале 0,6...0,8 м, при плотности тока 0,05...0,5 А/м² в течение определенного промежутка времени посредством потока положительно заряженных частиц.

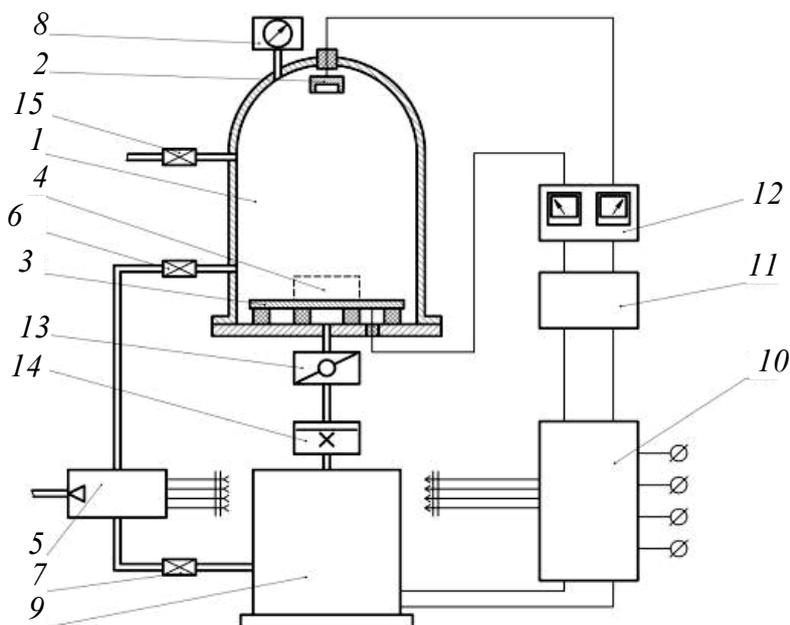


Рис. 1. Схема установки для осуществления модифицирующей обработки: 1 – камера; 2 – анод; 3 – стол (катод); 4 – изделие; 5 – форвакуумный насос; 6, 7, 15 – клапаны; 8 – система измерения давления; 9 – диффузионный насос; 10 – блок питания; 11 – преобразователь высокого напряжения; 12 – блок измерения электрических параметров разряда; 13 – заслонка; 14 – ловушка

Для осуществления процесса модификации твердосплавного инструмента на стол 3, который является катодом, помещают изделие 4. Из камеры откачивают воздух до давления 1,3 Па при помощи форвакуумного насоса 5 при открытых клапанах 6 и 7, контролируя величину разряжения вакуумметром 8. Заслонку 13 паромасляного диффузионного насоса 9 закрывают и включают цепь питания преобразователя высокого напряжения 11, благодаря чему между анодом 2 и катодом 3 создается разность потенциалов, величину которой устанавливают в пределах 1...3 кВ при помощи специального блока измерения 12 и блока питания 10. В результате этого возникает пробой разрядного промежутка с возникновением высоковольтного тлеющего разряда. Далее устанавливают величины давления остаточных газов, напряжения горения разряда и плотности тока. Ловушка 14 препятствует проникновению в рабочую область камеры паров масла из нагреваемого паромасляного диффузионного насоса. После окончания обработки в камеру 1 напускают воздух путем открытия клапана 15 (рис. 1).

АРМИРОВАНИЕ ЛЕГКОСПЛАВНЫХ ВАЛОВ УГЛЕРОДНЫМИ ВОЛОКНАМИ

А. В. Омелюсик

Учреждение образования «Белорусский государственный
технологический университет», г. Минск, Беларусь

Научный руководитель Д. В. Куис

Композиционные материалы (КМ) по удельным прочности и жесткости, прочности при высокой температуре, сопротивлению усталостному разрушению и другим свойствам значительно превосходят все известные конструкционные сплавы.

Одной из групп КМ являются волокнистые КМ. В волокнистых КМ упрочнителями служат волокна или нитевидные кристаллы чистых элементов и тугоплавких соединений, а также проволока из металлов и сплавов. Для армирования КМ используют непрерывные и дискретные волокна диаметром от долей до сотен микрометров.

При упрочнении волокнами конечной длины нагрузка на них передается через матрицу с помощью касательных напряжений. Следовательно, при изготовлении деталей из КМ волокна ориентируют так, чтобы с максимальной выгодой использовать их свойства с учетом действующих в конструкции нагрузок.

Прочность КМ в большой степени зависит от прочности сцепления волокон с матрицей.

Между матрицей и наполнителем в КМ возможны различные типы связи:

- 1) механическая связь, возникающая благодаря зацеплению неровностей поверхностей матрицы и наполнителя, а также действию трения между ними;
- 2) связь, обеспечиваемая силами поверхностного натяжения при пропитке волокон жидкой матрицей вследствие смачивания и небольшого растворения компонентов;
- 3) реакционная связь, обусловленная химическим взаимодействием компонентов на границе раздела, в результате чего образуются новые химические соединения;
- 4) обменно-реакционная связь, возникающая при протекании двух и более стадийных химических реакций;
- 5) оксидная связь, возникающая на границе раздела металлической матрицы и оксидного наполнителя благодаря образованию сложных оксидов типа шпинели и др.;
- 6) смешанная связь, реализуемая при разрушении оксидных пленок и возникновении химического и диффузионного взаимодействий компонентов.

Высокими прочностью, удельной прочностью и термической стабильностью механических свойств отличаются высокомолекулярные углеродные волокна. Временное сопротивление углеродного волокна составляет 1687–3374 МПа. Их получают путем высокотемпературной термической обработки в инертной среде из синтетических органических волокон. В зависимости от вида исходного продукта углеродные волокна могут быть в виде нитей, жгута, тканых материалов, лент, войлока. Наиболее широко для производства углеродных волокон используют вискозу, полиакрилонитрил (ПАН).

К другим достоинствам углеродных волокон относятся высокие теплопроводность, электрическая проводимость, коррозионная стойкость, стойкость к тепловым ударам, низкие коэффициенты трения и линейного расширения; к недостаткам – плохая смачиваемость расплавленными материалами, используемыми в качестве матриц. Для улучшения смачиваемости и уменьшения химического взаимодействия с матрицей на углеродные волокна наносят покрытия. Хорошие результаты в контакте с алюминиевой матрицей показывают покрытия из боридов титана и циркония [1].

Упрочняющие волокна широко применяются в конструкции гибких валов.

Известен гибкий вал из композиционного материала, внешняя поверхность которого образована перегибами пучков волокон, расположенных по прямолинейным с чередующимся углом наклона образующим однополостного гиперболоида. Центры гиперболоидов смещены вдоль продольной оси вала [2].

Недостатками известной конструкции вала являются сложность изготовления и из-за низкой теплопроводности композиционного материала возможность перегрева в местах трения или соединения с трущимися поверхностями.

Известна конструкция гибкого вала из волокнистого композиционного материала, образованного элементами намотки, намотанными по спирали со скрещивающимися витками, где элемент намотки содержит, по меньшей мере, одну ленту, и витки спиралей жестко соединены с витками смежной спирали в местах скрещивания с возможностью образования сетчатой структуры вала с дискретно расположенными витками. Вал снабжен продольными ребрами в виде ленты, расположенными между местами скрещивания витков [3].

К недостаткам данной конструкции можно отнести необходимость в дополнительных элементах и невысокую прочность сцепления матрицы с волокнами.

В связи с этим, проанализировав достоинства КМ, способы сцепления матрицы с армирующими волокнами, свойства углеродных волокон и запатентованные разработки в данной области, предлагается две конструкции вала из волокнистого композиционного материала, который имеет низкую массу и высокую удельную прочность при кручении. Причем основной акцент при разработке конструкций был поставлен на обеспечение высокой силы сцепления матрицы с армирующими волокнами.

При изготовлении вала в качестве основного материала (матрицы) могут использоваться легкие металлы (например, алюминий) и сплавы на их основе. В качестве упрочнителей используются углеродные волокна.

На рис. 1 представлены две схемы армирования.

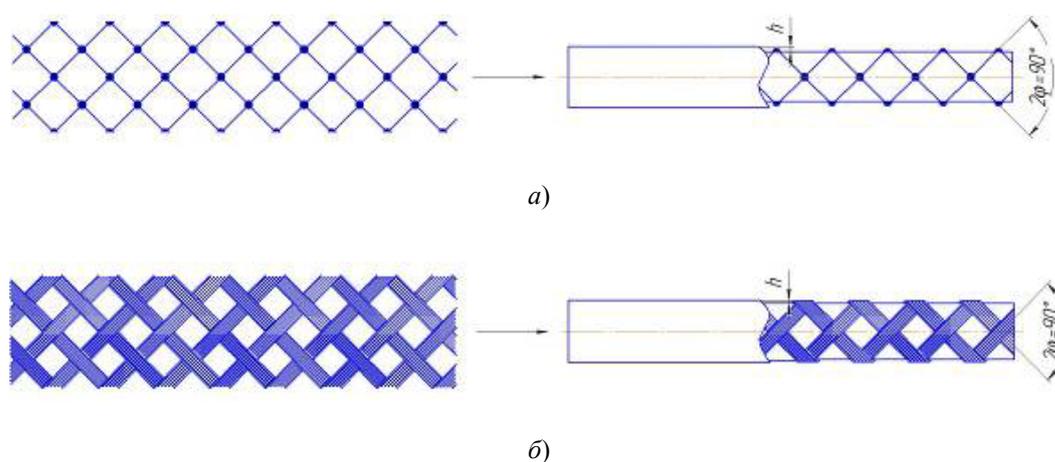


Рис. 1. Схемы армирования валов углеродными волокнами:

a – с использованием каркаса в виде сетки; *б* – с использованием рифленых лент

В первом случае (рис. 1, *a*) в качестве армирующего элемента выступает цилиндрический каркас в виде сетки. Слева на рисунке показан каркас в развернутом виде, справа – местоположение каркаса в изготовленном валу. Каркас изготовлен из углеродных волокон. В местах пересечения волокон расположены шарообразные узлы. Благодаря данным узлам, возникает механический тип связи и обеспечивается высокая прочность сцепления матрицы с каркасом.

При кручении максимальные напряжения в материале возникают под углом 45° к оси кручения. Также известно, что максимальные напряжения возникают в точках, находящихся на максимальном расстоянии от оси кручения [4]. Следовательно, волокна каркаса располагаются под углом 45° к оси вращения, при этом они расположены ближе к поверхности вала.

Над каркасом находится тонкий слой матрицы h , который обеспечивает защиту волокон от внешних факторов и увеличивает площадь контакта матрицы с узлами каркаса.

Технология изготовления данной конструкции вала предполагает, что каркас изготавливается заранее под определенный диаметр вала. Затем он устанавливается в цилиндрическую емкость, куда в последующем заливается материал матрицы. После застывания материала матрицы вал достают из цилиндрической емкости и с помощью последующей обработки доводят до необходимого диаметра, оставляя над каркасом слой h .

Сущность второго способа армирования (рис. 1, б) заключается в следующем. Армирующими элементами служат углеродные волокна в виде лент, которые имеют двухстороннюю рифленую поверхность. Рифленая поверхность обеспечивает высокий коэффициент трения между матрицей и волокнами, за счет чего возникает механический тип связи. Причем высокий коэффициент трения возникает не только между матрицей и волокнами, но и между самими волокнами в местах их скрещивания.

Волокна располагаются под углом 45° к оси вала и ближе к его поверхности, как и в первой схеме.

Для изготовления вала данной конструкции требуется предварительно намотать углеродные волокна на цилиндрическую поверхность, соответствующую определенному диаметру вала. Причем особенность намотки в том, что каждое волокно в местах скрещивания поочередно располагается то сверху, то снизу волокна, с которым скрещивается. Это обеспечивает силу прижатия волокон друг к другу и устойчивость всей намотки после ее снятия с цилиндрической поверхности. Далее, как и при изготовлении вала первой конструкции, каркас из углеродных лент устанавливается в цилиндрическую емкость, в которую в последующем заливается материал матрицы. Затем вал достают и обрабатывают до нужного диаметра, оставляя над углеродными лентами слой h .

Таким образом, предлагаемые конструкции валов имеют следующие особенности: низкая плотность материала матрицы, высокая прочность армирующих углеродных волокон, высокая прочность сцепления волокон с матрицей, теоретически обоснованное расположение армирующих волокон относительно оси вращения. Перечисленные особенности дают основание говорить о невысокой массе валов и их высокой удельной прочности при кручении. Предлагаемые конструкции валов могут использоваться в машино- и станкостроении.

Л и т е р а т у р а

1. Арзамасов, Б. Н. Материаловедение / Б. Н. Арзамасов, В. И. Макарова, Г. Г. Мухин. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. – 648 с.
2. Вал из композиционного материала : пат. 1677386 СССР, МПК8 F 16 C 3/02 / Ю. М. Тарнопольский, А. М. Закржевский, Д. Д. Мунгалов ; заяв. 25.02.1989 ; опубл. 27.07.1991.
3. Гибкий вал из композиционного материала : пат. 2146019 Рос. Федерация, МПК8 F 16 C 1/00 / В. С. Пичугин, В. П. Николаев, В. П. Тынянкин ; заявитель Координац.-аналит. центр по межвуз. инновац. и науч.-техн. программам ; заяв. 19.01.1999 ; опубл. 27.02.2000.
4. Феодосьев, В. И. Сопrotивление материалов / В. И. Феодосьев. – М. : Наука, 1999. – 540 с.

СИЛОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА ПЛАКИРОВАНИЯ ПРОШИВКОЙ

А. С. Сахвон, С. В. Чос

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

Научный руководитель В. Ф. Буренков

Под плакированием понимается нанесение металлических покрытий на металлическую заготовку методом их совместной пластической деформации. Совместная пластическая деформация может осуществляться с помощью различных способов обработки металлов давлением, в том числе обратным выдавливанием или прошивкой.

Целью настоящей работы является обоснование возможности и изучение общих закономерностей формирования покрытия из пластичных металлов в процессе закрытой прошивки путем введения плакирующего металла в очаг деформации и создание конкретного технико-экономического процесса для получения деталей конструкционного назначения.

Прошивка плакированием аналогична способу нанесения смазки [1] и заключается в том, что в заготовке, помещенной в жесткий контейнер 3, деформирующим инструментом 1 (пуансоном) выдавливается лунка заданной формы и размеров (рис. 1). Эту первую стадию плакирования прошивкой называют получением лунки. Форма лунки определяется формой рабочей поверхности пуансона, ее глубина соответствует объему плакирующего слоя с учетом коэффициента использования материала. Первая стадия плакирования прошивкой характеризуется внедрением пуансона в заготовку на глубину h , не превышающую половину диаметра пуансона d . Для плакирования может применяться металл в виде порошка или в компактном состоянии, возможно использование композиционного материала. После размещения в лунке плакирующего материала производится его деформирование пуансоном. По мере роста усилия происходит распрессовка плакирующей вставки в лунке. Свободная осадка вставки происходит до момента контакта ее боковой поверхности со стенкой полости. Эту вторую стадию называют распрессовкой плакирующей вставки. Вторая стадия распрессовки плакирующей вставки аналогична процессу свободной осадки цилиндра, который достаточно полно изучен.

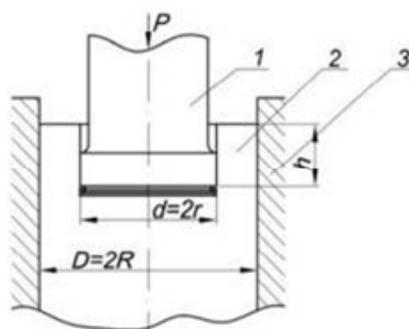


Рис. 1. Схема осуществления процесса

После окончания распрессовки происходит деформация кольцевой зоны основной заготовки плакирующим материалом. Происходит так называемая стесненная или закрытая осадка. На стадии распрессовки и стесненной осадки вставки осуществ-

вляется развитие очага деформации, и после его формирования пуансон начинает внедряться в заготовку. В процессе прошивки пластичный плакирующий материал, расположенный в очаге деформации и находящийся под высоким гидростатическим давлением, оттесняет материал заготовки в радиальном направлении, при этом на боковой поверхности полости формируется плакирующий слой. Сформировавшийся очаг пластической деформации не претерпевает существенных изменений, пока толщина дна заготовки не будет соизмерима с высотой пластической зоны, расположенной под торцом пуансона. Данная третья стадия характеризует установившийся процесс плакирования и называется стесненной осадкой плакирующей вставки. По мере внедрения пуансона и сближения контактных поверхностей пуансона и дна наблюдается резкое изменение направления течения металла и рост усилия прошивки. На этой четвертой стадии процесс прошивки заканчивается в момент, когда торец пуансона еще не достиг дна заготовки.

Экспериментальные исследования по изучению процесса закрытой прошивки с плакированием производились на устройстве, состоящем из толстостенного контейнера и деформирующего инструмента. Контейнер имел возможность перемещаться относительно опорной плиты (свободный или «плавающий» контейнер) или скрепляться болтами (неподвижный или «жесткий» контейнер). Контейнер и опорная плита для прошивки алюминиевых заготовок изготавливались из стали 40Х, НRC 45...48.

Для плакирования использовались заготовки из алюминия АДО диаметром 40 мм и высотой 50 мм, в качестве плакирующего материала применяли порошковое олово PbO_2 дисперсностью менее 56 мкм. Такие материалы применяются для обеспечения хорошего теплового контакта вместо горячего лужения.

Для прошивки применялись гладкие пуансоны и с калибрующим пояском (диаметр 20 мм). Рабочая часть пуансонов выполнялась плоской, конической, с углом 90° и сферической формы. Процесс осуществляется на разрывной машине Р50 усилием 0,5 МН (шкала 250 кН).

Силовые режимы процесса плакирования зависят от механических свойств материала заготовки металла и покрытия, схемы прошивки, формы пуансона, степени деформации и скоростных условий процесса.

Для закрытой прошивки, также как и для обратного выдавливания, характерны три схемы осуществления процесса: с незакрепленным или свободным контейнером, неподвижно закрепленным контейнером и с опережающим движением контейнера в направлении течения металла. Обратное выдавливание с опережающим движением контейнера имеет отличие от первых двух в том, что здесь имеет место ускоренное течение металла периферийных слоев за счет принудительного перемещения контейнера со скоростью, превышающей скорость истечения металла в кольцевой зазор между пуансоном и стенкой контейнера. Силы трения на боковой поверхности контейнера при этой схеме играют активную роль, что позволяет снизить деформирующее усилие на 15–30 %.

Индикаторные диаграммы процесса плакирования при прошивке имеют три характерных участка (рис. 2). Вначале первой стадии при плакировании происходит резкий рост усилия процесса (участок I а), изменяющегося по линейной зависимости. Этот участок характеризует распрессовку в лунке плакирующего материала. При использовании для плакирования компактного материала происходит его осадка в лунке и заполнение зазоров в полости; в случае применения порошкового плакирующего материала на этом участке порошок уплотняется от плотности утряски до плотности, соответствующей началу процесса плакирования, определяемому механическими характеристиками основного материала и формой деформирующего инструмента.

Вторая стадия (установившийся процесс – участок II) характеризуется стабилизацией усилия. При прошивке в свободном контейнере в конце этой стадии происходит снижение усилия, при прошивке в закрепленном контейнере усилие несколько возрастает. Третья стадия – заключительная, нестационарная стадия наступает тогда, когда расстояние от торца пуансона до дна контейнера соизмеримо с высотой пластической зоны при установившемся процессе. Скорость и сопротивление деформации, интенсивность скольжения по дну контейнера и рабочей поверхности пуансона, неравномерность деформации резко возрастает, соответственно, увеличивается усилие прошивки и гидростатическое давление. Наиболее характерно эта стадия проявляется при прошивке пуансонами с плоским торцом.

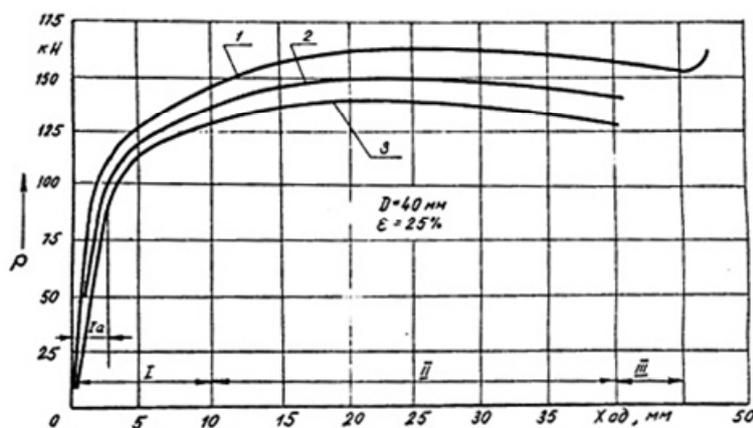


Рис. 2. Индикаторные диаграммы прошивки с лакированием в свободном контейнере заготовок из алюминия АД0:
1 – пуансон с плоским торцом; 2 – с конической рабочей частью ($2\alpha = 90^\circ$);
3 – со сферической рабочей частью ($R_c = d/2$)

На диаграммах видно, что в установившейся стадии процесса прошивки в свободном контейнере на определенном участке происходит некоторое снижение усилия деформирования, которое наиболее заметно для пуансона с плоским торцом. Этот участок характеризуется подъемом контейнера под действием сил трения на его боковой поверхности. При прошивке с лакированием в закрепленном контейнере падения усилия на этом участке диаграммы не наблюдались, кривые имеют небольшой подъем, связанный с ростом сил трения на боковой поверхности контейнера при увеличении площади контактирования заготовки со стенкой контейнера.

При прошивке пуансонами без калибрующего пояса (гладкие пуансоны) наблюдается рост усилия на 3–6 % вследствие увеличения сил трения на поверхности пуансонов. Прошивка такими пуансонами производилась с целью осуществления чеканки свободной поверхности заготовки, так как в процессе деформирования происходит искажение поверхности в результате пластического течения металла.

Таким образом, было проведено исследование силовых параметров процесса лакирования прошивкой, результаты которого могут быть использованы при выборе технологического оборудования и проектировании деформирующего инструмента.

Литература

1. Ковка и объемная штамповка стали / под ред. М. В. Сторожева. – М. : Машиностроение, 1967. – Т. 1. – 435 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ

Е. В. Заяц, М. М. Буслов

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

Научный руководитель С. Н. Целуева

Современное машиностроительное производство развивается в направлении полной автоматизации таких этапов жизненного цикла изделия, как проектирование, технологическая подготовка производства (ТПП) и производство. В данном направлении важное место занимает автоматизация ТПП.

Технологическая подготовка производства (ТПП) – это сложный вид инженерной деятельности, включающий решение ряда взаимосвязанных инженерно-технических задач в сфере технологии и организации производства.

Объем решаемых задач и специфика деятельности при ТПП определяют большую трудоемкость и длительные сроки проведения проектных работ. В этих условиях необходимостью является автоматизация технологического проектирования на базе ЭВМ. Основой автоматизации ТПП являются технологические процессы (ТП), которые должны обеспечивать высокую производительность, надежность, качество и эффективность изготовления изделий.

Повышение эффективности ТПП достигается при использовании специализированных программных продуктов – САПР ТП, учитывающих специфику проектирования технологических процессов и составления технологической документации. К таким системам относится САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ.

В связи с этим для автоматизированного проектирования технологической документации для процесса вырубki-пробивки детали «Кронштейн» была выбрана САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ 2011. Данная САПР приобретена университетом у ЗАО «АСКОН» по университетской лицензии.

Работа выполнялась на лабораторных занятиях по дисциплине «САПР технологических процессов, оснастки и оборудования», а также в рамках курсового проектирования по дисциплине «Теория и технология листовой штамповки» специальности 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением».

Проектирование ТП и разработка технологической документации начинались при следующих исходных данных: чертеж на штампуемую деталь, толщина и марка материала, объем выпуска. В ходе выполнения работы с помощью системы трехмерного твердотельного моделирования КОМПАС-3D V13 (университетская лицензия) созданы трехмерные модели штампуемой детали (рис. 1, а) и полосы-заготовки (рис. 1, б), с использованием средств 3D-библиотеки деталей и узлов штампов КОМПАС-3D V13 спроектирована сборочная модель штампа для вырубki-пробивки (рис. 2).

Проектирование ТП изготовления детали «Кронштейн» проводилось в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ 2011 в следующей последовательности:

- 1) подключение к технологии файлов 3D-модели штампа и чертежа детали «Кронштейн» для наглядного представления о детали и последующего импорта данных;
- 2) автоматизированное заполнение полей вкладки «Атрибуты» дерева ТП данными из присоединенного чертежа детали;
- 3) заполнение остальных необходимых полей вкладки «Атрибуты» дерева ТП, в том числе данными из справочников САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ;

4) наполнение дерева ТП операциями и переходами с использованием Универсального технологического справочника с последующим написанием текста операций и переходов;

5) подбор и добавление к операциям необходимого оборудования из справочников САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ;

6) добавление данных о технологической оснастке, вспомогательных материалах, средствах защиты и контроля (аналогично формированию операций и переходов);

7) при необходимости подключение технологических эскизов к некоторым операциям для более наглядного представления о выполняемых на конкретной операции размерах, качестве поверхностей, пространственных отклонениях и др.

8) настройка связей между размерами на операционном эскизе и в тексте переходов операции для более удобного последующего редактирования ТП;

9) расчет параметров ТП (площадей, норм расхода вспомогательных материалов) с использованием соответствующих приложений;

10) выполнение трудового нормирования на основе нормировочных карт и расчет суммарной нормы времени на изготовление детали;

11) создание комплекта карт технологической документации (рис. 3) средствами «Мастер формирования технологической документации».

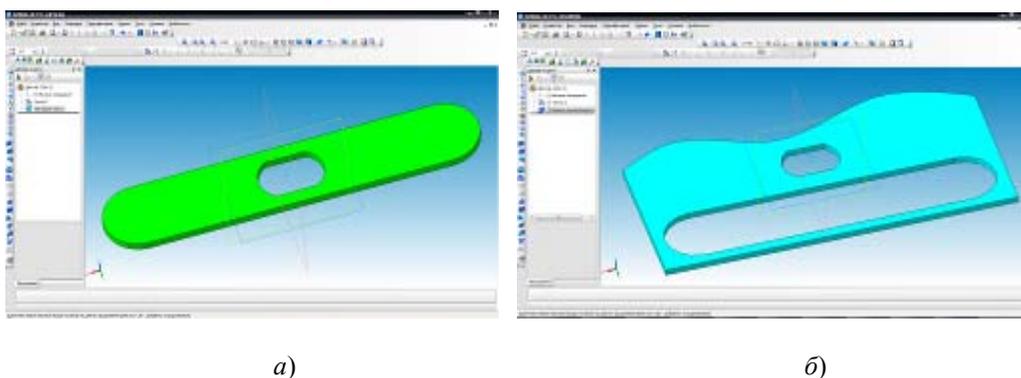


Рис. 1. Трехмерная модель детали «Кронштейн» (а) и полосы-заготовки (б)

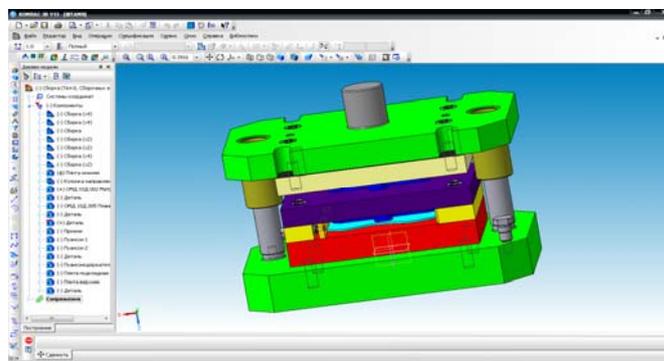


Рис. 2. Сборочная 3D-модель штампа для вырубки-пробивки

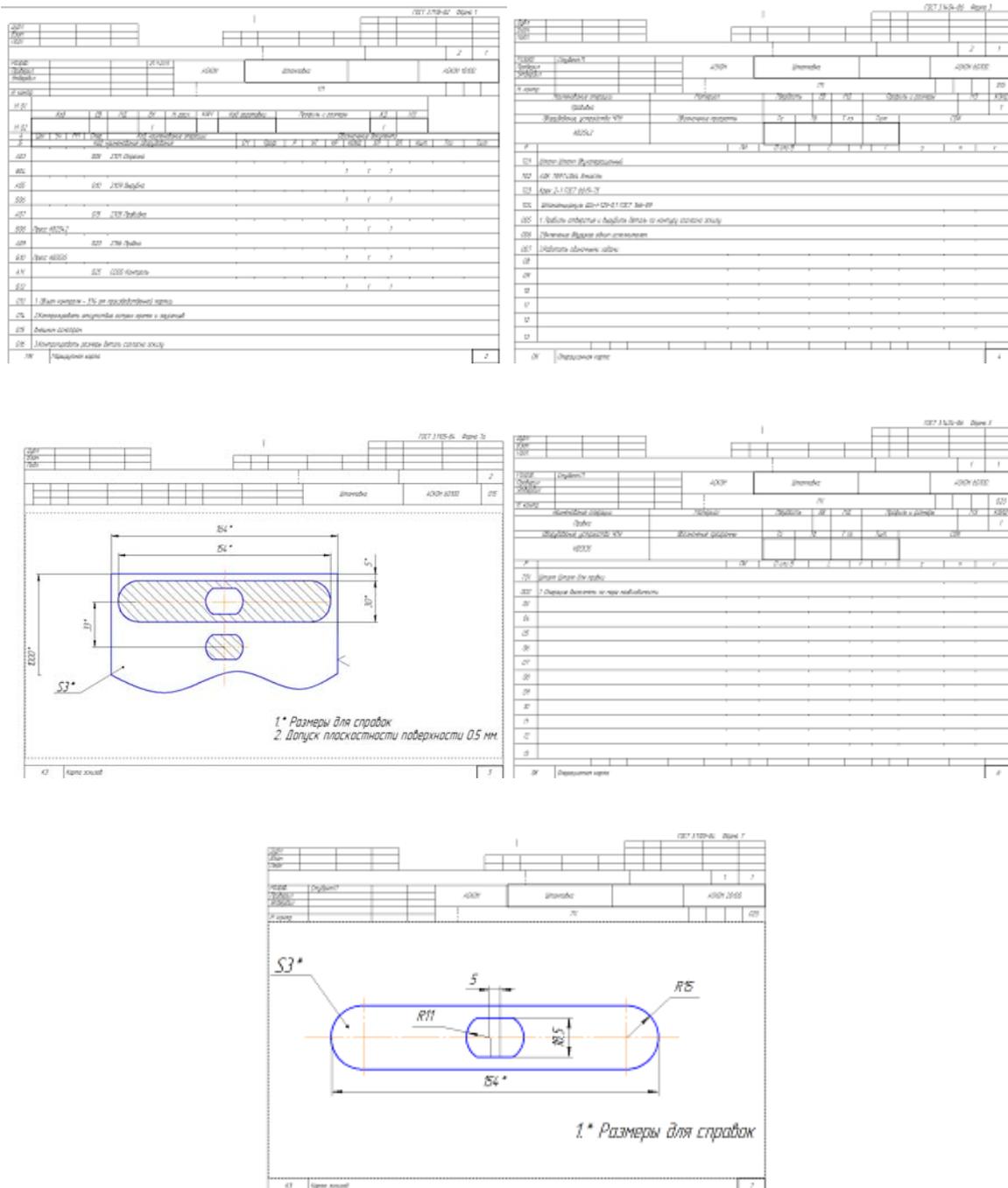


Рис. 3. Комплект карт технологической документации

Перечислим основные достоинства САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ, отмеченные при создании технологического процесса на основе 3D-модели спроектированного штампа:

- увеличение скорости технологического проектирования;
- повышение качества технологической документации;
- ускорение процессов согласования документации;
- сокращение сроков ТПП;
- быстрая оценка себестоимости изготовления изделия;
- использование утвержденных нормативов трудовых и материальных затрат.

Литература

1. САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ 2011. Руководство пользователя. – ЗАО «АСКОН», 2010. – 277 с.
2. Азбука ВЕРТИКАЛЬ. – ЗАО «АСКОН», 2010. – 47 с.
3. Кондаков, А. И. САПР технологических процессов / А. И. Кондаков. – М. : Академия, 2007. – 269 с.

**МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
УПАКОВКИ ИЗ КАРТОНА****А. Н. Сикорская***Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель С. Н. Целуева

Современное производство развивается в направлении полной автоматизации всех этапов жизненного цикла изделия. Большое значение имеет автоматизация проектирования изделий, в том числе и упаковки, так как показатели качества во многом зависят от точности принимаемых при проектировании проектных решений. Наибольшее значение приобретает компьютеризация допечатного процесса производства упаковки, т. е. процесса конструирования и дизайнерского оформления упаковки.

Целью работы является разработка методики автоматизированного проектирования упаковки из картона.

Работа выполнялась в рамках курсового проектирования по дисциплине «Компьютерное проектирование». Проектировалась упаковка для свечи декоративной, развертка которой представлена на рис. 1, с использованием средств графических редакторов AutoCAD V14 (в составе лицензионного программного комплекса Autodesk Education Master Suite) и PhotoShop.

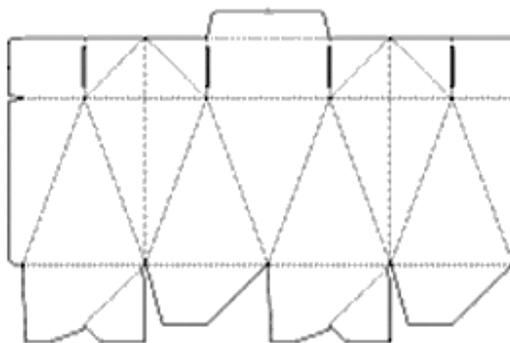


Рис. 1. Развертка упаковки

При проектировании упаковки из картона необходимо учитывать особенности упаковываемой продукции, физико-химические свойства и цену материала упаковки, современные требования к упаковке, ее функции и другие факторы. При определении формы и габаритных размеров упаковки для рационализации ее производства, транспортировки и хранения необходимо принимать во внимание практику их унификации, что способствует снижению расходов на разработку, изготовление упаковок, содействует организации серийного и поточного производства на автоматизированном оборудовании [1].

Учитывая вышеизложенное, при выполнении работы определены следующие этапы проектирования упаковки из картона:

- 1) маркетинговые исследования;
- 2) разработка технического задания (ТЗ);
- 3) разработка конструкции потребительской упаковки;
- 4) разработка дизайн-проекта упаковки;
- 5) реализация проекта средствами графических редакторов AutoCAD V14 и PhotoShop;
- 6) проектирование групповой и транспортной упаковки;
- 7) оформление конструкторской документации.

В рамках каждого из этапов был определен комплекс мероприятий, последовательная реализация которых приближает процесс проектирования упаковки к достижению поставленной цели.

Маркетинговые исследования выполнены в следующей последовательности: изучение особенностей упаковываемой продукции и возможных способов упаковывания, маркетинговых функций упаковки и требований к ней; анализ особенностей рынка потребления продукции в упаковке и особенностей конкурентных упаковок аналогичных товаров; определение сегмента рынка и потенциальных потребителей продукции в проектируемой упаковке; выбор способов привлечения их внимания к упаковке, создания собственного имиджа; разработка маркетинговой концепции упаковки; определение возможностей повторного использования и оптимального уровня стоимости упаковки.

Разработка ТЗ для проектирования упаковки основывалась на результатах маркетинговых исследований. Составленное ТЗ включает такие разделы, как цель и назначение разработки; наименование и характеристика упаковываемого товара; характеристики потребительской, транспортной и защитной упаковок; технические требования; требования безопасности; маркировка на упаковке; защита окружающей среды; стратегия вывода на рынок; целевая аудитория; конкуренты.

Конструирование потребительской упаковки выполнено в следующей последовательности:

1. Проработка конструкции упаковки на технологичность. Учтены функциональность, надежность, безопасность, рациональность конструкции упаковки, требования унификации и стандартизации, а также эргономические, экономические, экологические и логистические требования.

2. Определение оптимальных внутренних габаритных размеров упаковки. Выполнено согласно методике [2].

3. Конструирование и расчет деталей заготовки упаковки. Стандартными в конструкции проектируемой упаковки являются верхний вставной клапан, боковой склеиваемый клапан и конструктивные элементы автоматически складывающегося дна. Их расчет выполнен по рекомендациям [1]. В расчетах учитывалось требование пригодности упаковки к работе с автоматизированным упаковочным оборудованием.

4. Проектирование развертки упаковки. Учтен припуск на фальцовку, величина которого принята равной толщине материала [1]. По результатам расчетов выполнен и оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ 2.418–2008 в системе AutoCAD V14 чертеж потребительской упаковки с разверткой (рис. 2). Конструкция упаковки предусматривает возможность ее автоматической сборки с последующим упаковыванием в нее товара и формированием групповых модульных упаковок.

5. Выбор оптимальной схемы раскладки заготовок на листе материала. Выполнен на основании развертки упаковки с учетом требований по минимизации отходов

и организации серийного и поточного производства на автоматизированном оборудовании.

6. Определение коэффициента использования материала (КИМ) и потребности в материале для производства упаковки. КИМ = 75,83 %.

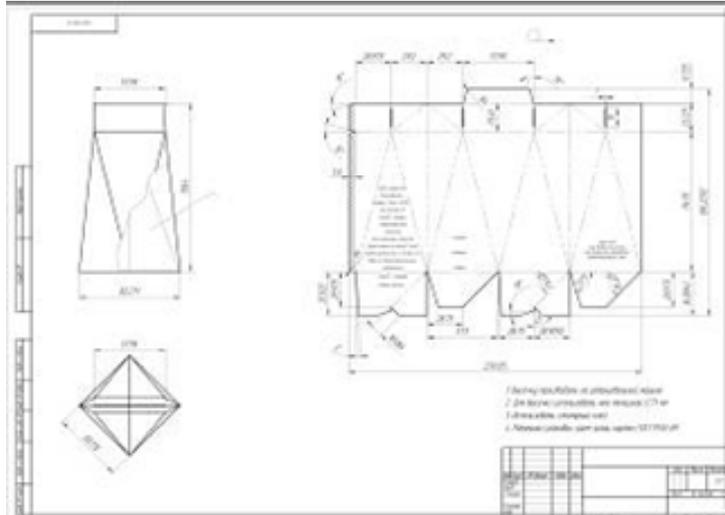


Рис. 2. Чертеж потребительской упаковки с разверткой

Разработка дизайн-проекта упаковки для свечи выполнена в следующей последовательности: дизайн-анализ, дизайн-стратегия, дизайн-концепция с разработкой цветографической концепции, дизайн-макет.

Дизайн-анализ основывается на проведенных маркетинговых исследований. Учтены достоинства и недостатки упаковок конкурентов.

Разработана стратегия идеального дизайна, определенная термином «яркость».

В ходе разработки дизайн-концепции обоснован выбор материала, формы, размеров упаковки, ее цветофактурного, графического и текстового решения с точки зрения коммуникативной функции упаковки. С точки зрения правил дизайна выбрано конкретное композиционное, графическое и текстовое решение проекта упаковки, цветовая гамма; обоснован выбор композиции и шрифта как элемента фирменного стиля; разработаны оригиналы графических элементов упаковки и цветографическая концепция (ЦГК), позволяющая создать неповторимый фирменный стиль. На основе ЦГК создан дизайн-макет упаковки (рис. 3). Решения, принимаемые при разработке дизайн-проекта, реализованы средствами графического редактора PhotoShop.



Рис. 3. Дизайн-макет упаковки для свечи декоративной

Выполнена оценка дизайн-проекта упаковки для свечи декоративной, что позволило судить о его эффективности. Выбран способ печати и отделки упаковки.

Групповая упаковка проектировалась, исходя из полученных расчетным путем наружных размеров потребительской упаковки. Для групповой упаковки выбран ящик из гофрокартона исполнения А по ГОСТ 9142–90. Размеры ящика (400 × 200 × 160 мм) приняты по ГОСТ 21140–88 при условии сохранности продукции с учетом размеров средств пакетирования, транспортного и складского оборудования.

При проектировании транспортной упаковки выбран транспортный поддон и способ размещения на нем групповых упаковок согласно ГОСТ 21140–88, рассчитаны габаритные размеры и прочность транспортной упаковки. По результатам расчетов средствами системы AutoCAD V14 выполнены и оформлены в соответствии с требованиями ГОСТ 2.418–2008 чертежи групповой и транспортной упаковок.

Таким образом, на примере упаковки из картона для свечи декоративной разработана и реализована методика автоматизированного проектирования упаковки из картона, которая определяет четкую логическую последовательность этапов проектирования упаковки, позволяет получить полный комплект конструкторской документации для упаковывания в соответствии с ГОСТ 2.418–2008 и дизайн-проект упаковки. Методика внедрена в учебный процесс дисциплины «Компьютерное проектирование».

Л и т е р а т у р а

1. Ефремов, Н. Ф. Конструирование и дизайн тары и упаковки : учебник для вузов / Н. Ф. Ефремов, Т. В. Лемешко, А. В. Чуркин ; Моск. гос. ун-т печати. – М. : МГУП, 2004. – 424 с.
2. Шпаковская, О. И. Оптимизация габаритных размеров и раскроя упаковки из картона / О. И. Шпаковская, Н. А. Щербакова // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и молодых ученых, Гомель, 26–27 апр. 2012 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2012. – С. 143–147.

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОЕ СОСТОЯНИЕ, ОБУСЛОВЛЕННОЕ ДИНАМИЧЕСКИМ НАНОДВОЙНИКОМ В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОПЛАСТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

В. В. Влашевич

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

Научный руководитель О. М. Остриков

В последнее время имеются определенные успехи в создании высокопрочных материалов с помощью различных способов предварительной обработки с целью создания устойчивой структуры, обеспечения высокой прочности при воздействии внешних факторов. Это дало толчок к созданию комплексов высоких механических свойств материала в экстремальных условиях. Деформирование твердого тела в условиях низких температур и больших скоростей нагружения приводит к хрупкому разрушению из-за того, что процессы пластической деформации не успевают реализоваться. Основными видами пластической деформации кристаллических тел являются скольжение и двойникование.

При высокоскоростном деформировании, когда имеет место двойникование, динамические эффекты нельзя не учитывать. Это говорит о том, что двойникование является высокоскоростным процессом. Который интересен в связи с проблемами

образования трещин и последующим разрушением материала, вызванным двойникованием [1].

Влияние импульсов тока на двойникование металлических кристаллов слабо изучено. Это является определенным пробелом, так как двойникование, как и скольжение, в равной степени ответственно за реализацию пластической деформации [2].

Цель данной работы: создание мезоскопической наномасштабной модели динамического двойника и расчет обусловленного им напряженно-деформируемого состояния.

Для расчета полей напряжений, создаваемых нанодвойником, рассмотрим схему, представленную на рис. 1. На схеме представлен нанодвойник в виде совокупности двойникующих дислокаций. Параметры d_i и h_i определяют расстояние между двойникующими дислокациями (рис. 1). Эти параметры являются проекциями на оси OX и OY отрезка, соединяющего две соседние дислокации. Пусть длина нанодвойника L , а его ширина у устья H .

Так как двойникующие дислокации являются частичными дислокациями Шокли, то их вектор Бюргерса раскладывается на две составляющие: краевую ($b_{кр}$) и винтовую (b_v). Направление этих составляющих показано на рис. 1. При $t = 0$, примем время зарождения двойника. Рассмотрим движение нанодвойника вдоль оси OX при $t = t_i > 0$. Участки B_0B и C_0C когерентны. Это наблюдается в случае, когда отсутствует генерация новых двойникующих дислокаций. Пренебрежем напряжениями, которые создает когерентные участки границ двойника. Данные напряжения малы из-за отсутствия на таких границах двойникующих дислокаций. Тогда фронт напряжений будет перемещаться с двойникующими дислокациями на некогерентных участках двойниковых границ. Для упрощения задачи без потери общности решения примем d_i и h_i постоянными на всем рассматриваемом промежутке времени, полагая $s = v_t t$, где v_t – скорость движения двойника вдоль оси OX вершины.

Используя принцип суперпозиции и известные соотношения для расчета полей напряжений движущейся дислокации, на основании наномасштабной модели двойника О. М. Острикова [2] получим формулы для расчета компонент тензора напряжений.

В формулах присутствуют N и M – число двойникующих дислокаций на каждой из двойниковых границ; d_i и h_i – это проекции на оси OX и OY отрезка, соединяющие две соседние двойникующие дислокации на одной из двойникующих границ (i – индекс определяющий принадлежность двойникующей дислокации к той или иной двойниковой границе); L – длина двойника; μ – модуль сдвига; ν – коэффициент Пуассона; $b_{кр}$ и b_v – модули краевой и винтовой составляющих вектора Бюргерса частичной двойникующей дислокации; v – скорость движения дислокаций; t – время; c_t и c_l – скорости продольной и поперечной звуковых волн, определяемые по формулам [2]:

$$c_t = \sqrt{\frac{\mu}{\rho_0}}; \quad c_l = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho_0}},$$

где ρ_0 – плотность среды, в которой движется дислокация; λ – коэффициент Ламе, рассчитанный по формуле Ландау [3]:

$$\lambda = \frac{\nu E}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}.$$

Скорости продольной и поперечной звуковых волн связаны с соотношениями взятыми у Дж. Хирта и И. Лоте [1]:

$$\gamma_t = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c_t^2}}; \quad \gamma_l = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c_l^2}}.$$

Основываясь на теориях и моделях расчета О. А. Троицкого, И. И. Новикова, В. И. Спицина [4], которыми было установлено влияние электромагнитного поля на процесс пластической деформации скольжением металлов и сплавов, и так как учитываются динамические эффекты, то включаем в расчет такие компоненты, как дрейфовая скорость электронов:

$$v_d = \frac{Bej}{enb^2\mu^2\rho},$$

где Be – коэффициент вязкости для случая деформации с током; j – импульс тока; e – заряд электрона; n – концентрация электронов; b – модуль составляющей вектора Бюргерса.

Скорость рассеивания упругих волн пинч-эффекта, нахождение радиальной и продольной составляющей скорости [4]:

$$v_l = \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}}; \quad v_p = \sqrt{\left(\frac{1}{\rho}\right) \cdot \mu}; \quad v_n = \sqrt{v_p^2 + v_l^2},$$

где v_l – продольная составляющая скорости; v_p – радиальная составляющая скорости; v_n – скорость пинч-эффекта.

Скорость термоэффекта определяется по формуле [4]:

$$v_t = \frac{\Delta T \alpha E}{b\mu^2\rho},$$

где ΔT – температура материала; α – коэффициент термического расширения; E – эффективный модуль упругости.

Суммарная скорость, результат которой входит в расчет компонент тензора напряженно-деформируемого состояния динамического нанодвойника [4]:

$$v = v_d + v_n + v_l + v_t.$$

Результаты отражены на графиках, где представлена зависимость напряженно-деформированного состояния от импульсов тока. Расчеты велись для висмута. Принималось: $N = 100$; $M = 99$; $\mu = 12,4$ ГПа; $\rho = 9,8$ кгс/м³; $\nu = 0,33$; $E = 32 \cdot 10^9$ Па; $d_i = 0,1$ нм; $h_i = 0,01$ нм. Длина некогерентного участка нанодвойника находится по формуле $L = Nd_i$. Рассчитывалось распределение компонент тензора напряжений у динамического нанодвойника в момент времени $t = 10^{-3}$ с. Представленные графики рассматривают три случая напряженно-деформированного состояния, движения нанодвойника при воздействии импульсов тока (напряженно-деформированное состояние у устья, в когерентной области нанодвойника и некогерентной областях).

Заключение

Таким образом, на основании наномасштабной дислокационной модели проведены расчеты напряжений у динамического нанодвойника, обусловленного электропластическим эффектом. Следовательно, под воздействием импульсов тока двойнирующие дислокации не только увеличивают пробег, но и возбуждают новые источники двойнирующих дислокаций. Максимум напряженно-деформированного состояния при расчетах динамического нанодвойника говорит о массовом скоплении дислокаций.

Литература

1. Хирт, Дж. Теория дислокаций / Дж. Хирт, И. Лоте. – М. : Атомиздат, 1972. – 600 с.
2. Остриков, О. М. Механика двойникования твердых тел : монография / О. М. Остриков. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2008. – 301 с.
3. Ландау, Л. Д. Теория упругости / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М. : Наука, 1987. – 246 с.
4. Спицин, В. И. Электропластическая деформация металлов / В. И. Спицин, О. А. Троицкий. – М. : Наука, 1985. – 158 с.

К ВОПРОСУ КОНТАКТНОГО ИЗНАШИВАНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ У8А И 9ХС

И. П. Кацора

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

Научный руководитель Е. П. Поздняков

Введение

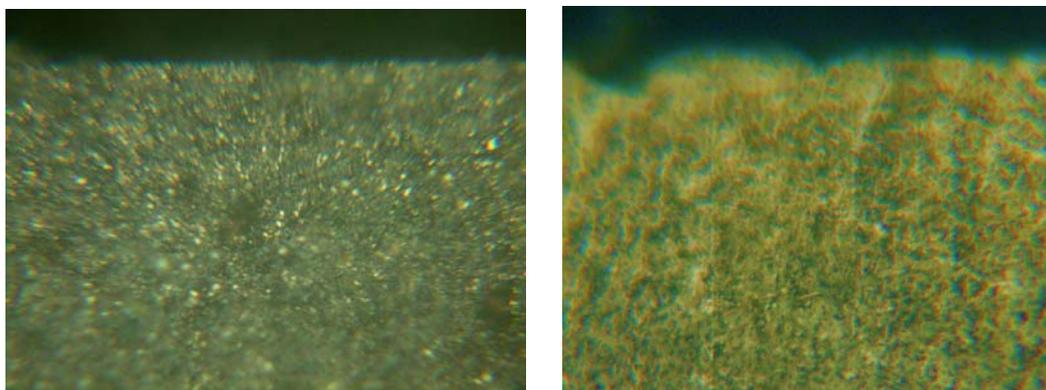
Контактное изнашивание сталей является одним из факторов, ограничивающих период наработки на отказ различных деталей машин. Механизм разрушения сталей, имеющих твердость более 60 HRC, достаточно хорошо изучен в отношении таких критериев стойкости, как нарушение профиля поверхности в результате образования на ней питтингов [1]. Длительная эксплуатация и постепенное изнашивание, которое реализуется, например, при работе штамповой оснастки изучено в меньшей степени. В работе приведены результаты исследования контактного изнашивания сталей 9ХС и У8А при длительном циклическом нагружении поверхности материалов, имитирующих условия работы штампового инструмента.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований являлись инструментальные стали У8А и 9ХС. Термическая обработка указанных сталей соответствовала стандартным режимам. Партии образцов из стали 9ХС подвергались закалке с температуры 860 °С с последующим охлаждением в масле, для партии образцов из стали У8А нагрев под закалку составлял 780 °С с охлаждением в воде. Окончательная обработка заключалась в проведении низкого отпуска при температуре 200 °С в течение 1 ч. Для одной из партий образцов из стали 9ХС проводилась криогенная обработка после закалки. Интенсивность накопления усталостных повреждений в поверхностном слое инструмента при многократном контактном воздействии на материал исследовали на установке для испытаний на контактную усталость и износ [2]. Данная установка обеспечивает контактное нагружение торцевой поверхности плоской части образца за счет его прокатывания по рабочей поверхности дискового контртела. Исследования микроструктуры проводились на оптическом микроскопе Метам РВ-22 при увеличениях 100–500 крат. Твердость определяли на прессе Роквелла ТК-2М.

Результаты исследования и их обсуждение

Структура стали 9ХС представляет мартенсит отпуска с равномерным распределением мелких карбидов, размер которых не превышает 2 мкм (рис. 1, а).



а)

б)

Рис. 1. Микроструктура сталей после термической обработки:
а – сталь 9ХС; б – сталь У8А ($\times 150$)

Применение криогенной обработки не влияет на микроструктуру стали и ее твердость, значение которой в обоих случаях составляет порядка 59–61 HRC. Углеродистая инструментальная сталь У8А имеет структуру мартенсит отпуска с твердостью 54–57HRC.

В результате испытаний экспериментальных образцов получено семейство кривых, отражающих поведение материала при воздействии на него пульсирующей контактной нагрузки амплитудой 1300 МПа и 1270 МПа для стали 9ХС и У8А, соответственно (рис. 2). Регистрация значений заканчивалась при достижении предельного изнашивания образцов до величины 0,6 мм или 30 000 циклов нагружения, что соответствует 1/2 смене работы штампового инструмента.

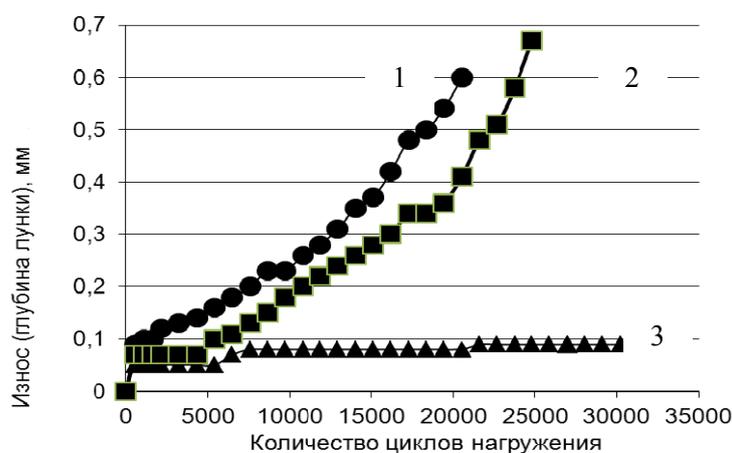


Рис. 2. Кривые, отражающие характер повреждения образцов в процессе контактного нагружения:
1 – сталь 9ХС без применения криогенной обработки; 2 – сталь 9ХС, подвергнутая криогенной обработке; 3 – сталь У8А

Механизм разрушения поверхностного слоя образцов инструментальной стали 9ХС без применения криогенной обработки и с ее проведением характеризуется трансформацией структуры, сопровождающейся питтингообразованием в окрестности дна лунки (рис. 3, *a*). Механизм прохождения данного процесса заключается в наклепе поверхностного слоя дна лунки с образованием чешуек металла, образованием трещины, распространяющейся в более глубокие слои материала, и с последующим отделением деформированного объема сплава (рис. 4).

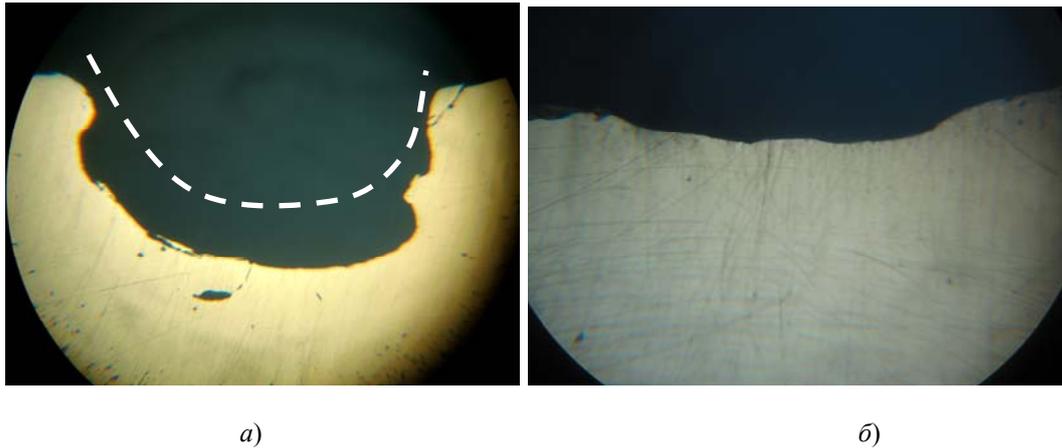


Рис. 3. Разрушение образцов из (*a*) стали 9ХС и (*б*) стали У8А ($\times 50$)

Разрушение образцов из углеродистой инструментальной стали У8А сопровождается образованием тонких частичек металла с последующим их отслоением с контактной поверхности дна лунки, что согласуется с кривой износа (рис. 2).

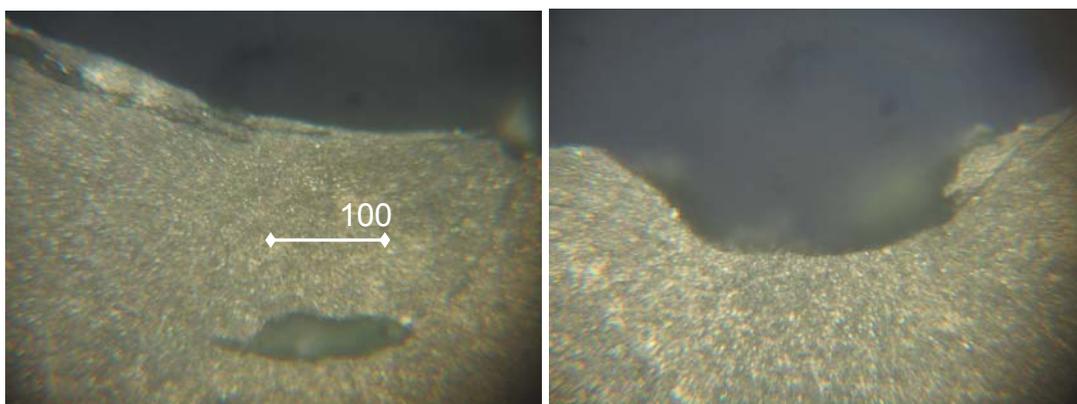


Рис. 4. Образование питтинга в поверхностном слое стали 9ХС, претерпевшем наклеп

Заключение

Изучен механизм разрушения материала экспериментальных образцов из инструментальных сталей 9ХС и У8А. Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что наибольшей контактной прочностью обладают образцы из стали У8А, обработанные по стандартной технологии термической обработки.

Литература

1. Р 50-54-30–87 Расчеты и испытания на прочность. Методы испытаний на контактную усталость.
2. Патент № 7093 на полезную модель Респ. Беларусь, МПК (2009) G 01N 3/00. Устройство испытания материалов на контактную усталость и износ / И. Н. Степанкин, В. М. Кенько, И. А. Панкратов ; заявитель Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – № u201000717 ; заявл. 16.08.2010.

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНО УПРОЧНЕННЫХ СЛОЕВ ЭКОНОМНОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ 40X

Е. П. Поздняков

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

Научный руководитель И. Н. Степанкин

Введение

Химико-термическая обработка является широко используемым способом упрочнения деталей машин. Самыми распространенными из них являются высокотемпературные процессы цементации и нитроцементации. Диффузионные процессы эффективны при введении углерод- и азотсодержащих добавок, активизирующих карбюризатор и, соответственно, повышающих скорость диффузии углерода и азота в поверхностный слой сплава. Немаловажными факторами являются получение градиента изменения твердости поверхностного слоя металла и применение криогенной обработки на стадии дисперсного твердения материала.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований являлись диффузионно-упрочненные слои конструкционной экономнолегированной стали 40X. Химико-термическая обработка образцов предполагала проведение 12-ти часовой цементации и нитроцементации при температуре 920 °С в древесноугольном карбюризаторе. При подготовке карбюризатора использовали добавки бариевой соли и карбамида. Термическая обработка образцов заключалась в закалке с температуры 860 °С с последующим охлаждением в масле и отпуске при температуре 200 °С в течение 1 ч. Для некоторых образцов проводилась криогенная обработка после закалки.

Исследование микроструктуры упрочненных слоев проводили на поперечных шлифах при увеличении 100 крат на оптическом микроскопе Метам РВ-22. Травление поверхности осуществляли 5-процентным спиртовым раствором азотной кислоты. ДюрOMETрические исследования осуществляли на приборе ПМТ-3 с нагрузкой на индентор Виккерса 2Н.

Результаты исследования и их обсуждение

Структуры поверхностных слоев, полученных в результате диффузионного насыщения, имеют некоторые различия. Так, слой, полученный в результате нитроцементации (рис. 1, а), имеет однофазное строение [1], [2]. Некоторые зерна металла отличаются пониженной травимостью, что, по-видимому, связано с их ледебуритной природой. Науглероженный слой отличается двухфазным строением. Основой является перлит со скелетообразным распределением цементитной фазы (рис. 1, б).

Микроструктура нитроцементованных образцов, подвергнутых закалке и низкотемпературному отпуску представлена мартенситом отпуска (рис. 2, а, в). Она отличается однородным строением. Цементованные образцы, подвергнутые дальней-

шей термической обработке в поверхностном слое, сохранили незначительное количество карбидов в мартенсите (рис. 2, б, з). Глубина распределение карбидной фазы составляет не более 0,1 мм. Применение криогенной обработки не оказало существенного влияния на структуру стали.

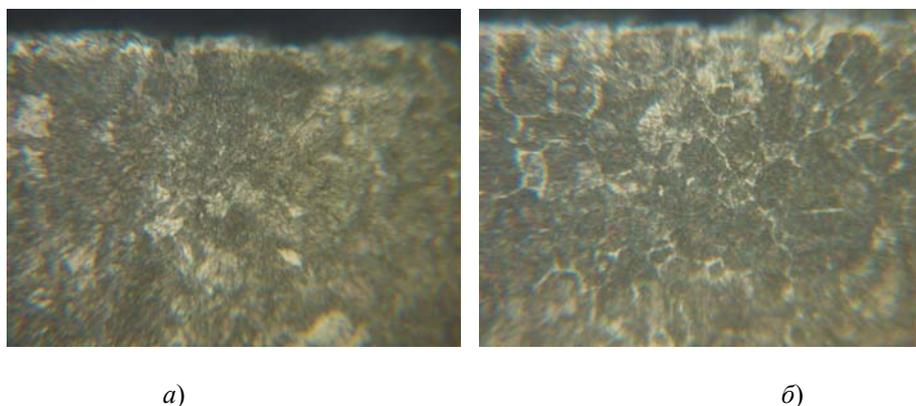


Рис. 1. Структура поверхностного слоя, созданного (а) нитроцементацией и (б) цементацией ($\times 100$)

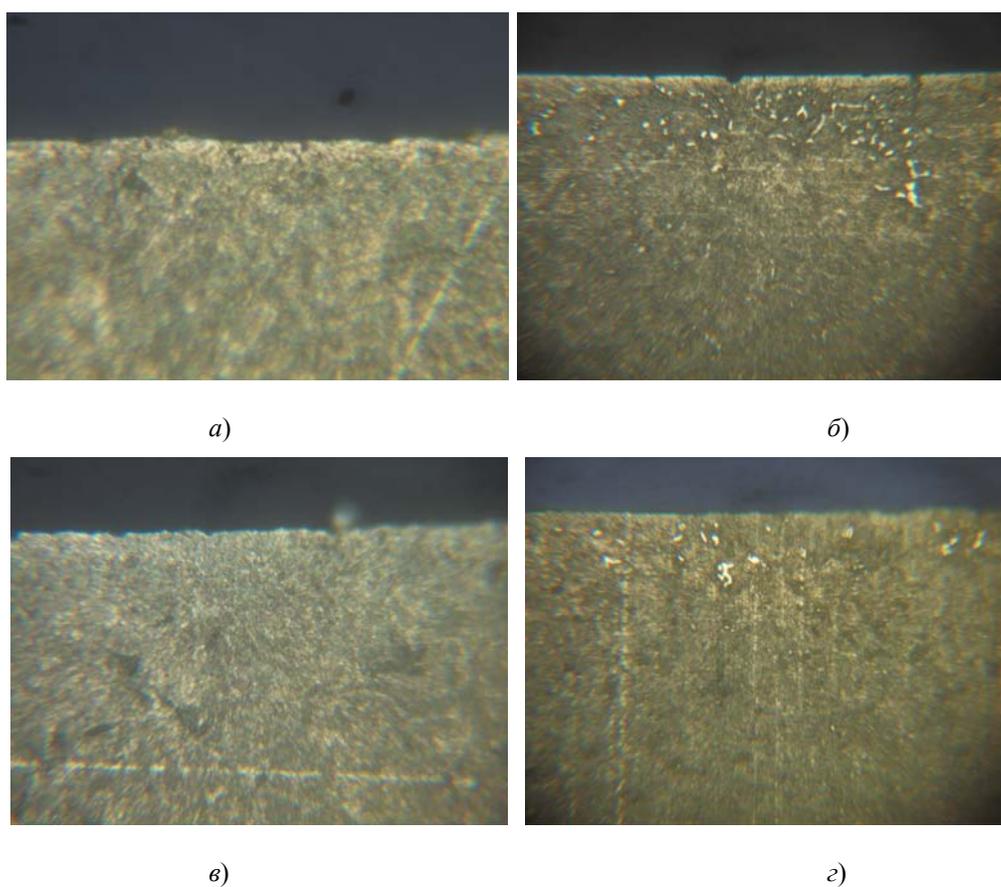


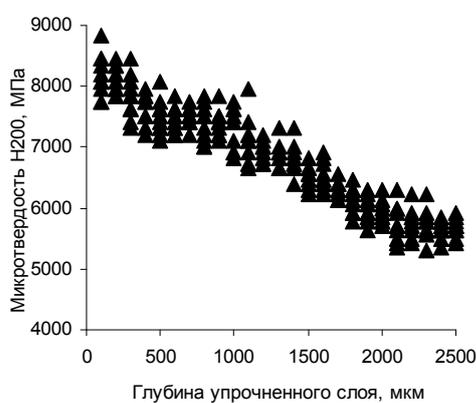
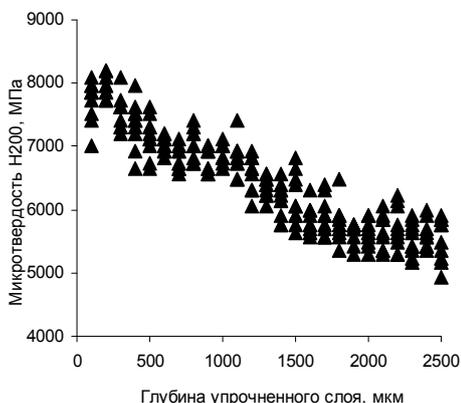
Рис. 2. Микроструктура поверхностного слоя образцов, подвергнутых закалке и низкому отпуску:
а – нитроцементованного; б – цементованного;
в, г – образцы, дополнительно подвергнутые криогенной обработке ($\times 100$)

Исследование распределения микротвердости по сечению упрочненного слоя, показывает, что полная глубина диффузионного слоя составляет не менее 1,2 мм, что соответствует длительности высокотемпературного насыщения поверхности. Важным конструкционным параметром является отсутствие резкого градиента распределения твердости по сечению. Микротвердость поверхностного слоя всех партий образцов достигает 7500–8000 МПа (рис. 3). Твердость сердцевины составляет около 5000–5500 МПа. Достигнутое значение твердости сердцевины позволяет получить сочетание высокой прочности и жесткости, необходимой для успешного сопротивления упрочненного сплава повышенным контактным нагрузкам, без растрескивания упрочненного слоя. Влияние криогенной обработки, призванное обеспечить снижение остаточного аустенита в упрочненном слое, не отражается на структуре рассмотренных слоев.

Нитроцементация (N + C)

Цементация (C)

Распределение микротвердости по сечению упрочненных слоев после закалки и низкого отпуска (200 °С)



Распределение микротвердости по сечению упрочненных слоев после закалки и низкого отпуска с криогенной обработкой в жидком азоте после закалки

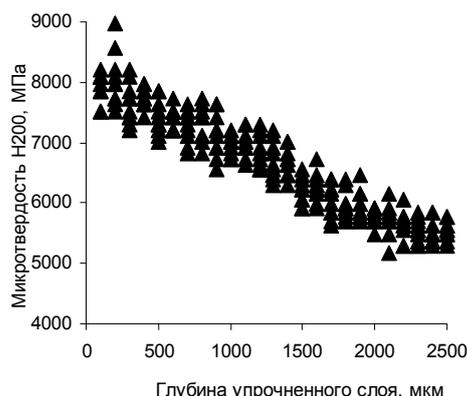
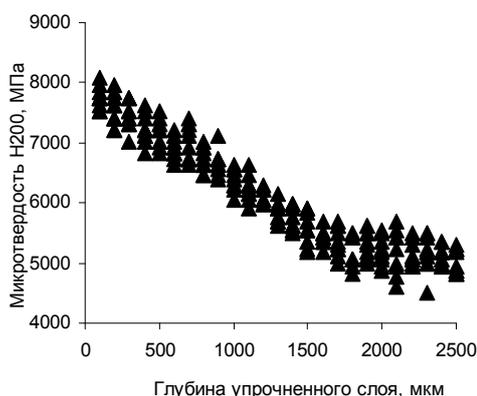


Рис. 3. Распределение микротвердости образцов из стали 40Х, подвергнутых двенадцатичасовой химико-термической обработке

Заключение

Результаты исследований показали, что применение цементации и нитроцементации стали 40X позволяет сформировать отличные по морфологии, но близкие по свойствам упрочненные слои. Основным преимуществом обоих технологических режимов поверхностного упрочнения является возможность получения сердцевины повышенной жесткости, микротвердость которой составляет 5000–5500 МПа (50–52HRC). Применение криогенной обработки после закалки не оказывает существенного влияния на структуру и твердость стали 40X. Отличительной особенностью применения нитроцементации является повышенная стойкость к коррозии, что повышает сроки межоперационного хранения деталей на стадии механической обработки, а также формирование гомогенной микроструктуры упрочненного слоя.

Литература

1. Лахтин, Ю. М. Новый способ поверхностного упрочнения деталей вибраторов / Ю. М. Лахтин, Г. Н. Неустроев, Б. Г. Гольдштейн. – М. : НИИ информации по строит., дорожному и коммунальному машиностроению, 1967. – 48 с.
2. Лахтин, Ю. М. Химико-термическая обработка металлов / Ю. М. Лахтин, Б. Н. Арзамасов. – М. : Металлургия, 1985. – 256 с.

**ПОВЫШЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ
И ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТАЛЕЙ
ПОНИЖЕННОЙ ПРОКАЛИВАЕМОСТИ****М. В. Аникеева**

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

Научный руководитель В. И. Врублевская

Введение

Современная машиностроительная промышленность уделяет большое внимание вопросам, связанным с повышением надежности, долговечности, износостойкости изделий, передающих большие крутящие моменты, работающих при действии циклических нагрузок и подвергаемых в эксплуатации интенсивному износу при трении.

Перспективным направлением повышения прочностных свойств и улучшения эксплуатационных свойств деталей машин и механизмов является применение новых материалов и технологий термической обработки.

Таким направлением термической обработки может стать применение объемно-поверхностной закалки (ОПЗ) с использованием сталей пониженной прокаливаемости. ОПЗ представляет собой такой вид обработки, при котором нагрев осуществляется в печи либо ТВЧ, а затем следует изотермическая выдержка и охлаждение в спрейерном устройстве при достаточно высоких скоростях ($v_{\text{охл}} \approx 1000 \text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$). Применение метода в сочетании с вышеуказанным материалом позволит повысить твердость, износостойкость и обеспечит вязкую сердцевину деталей.

Цель исследований

Проведение серии испытаний для установления необходимости использования сталей пониженной прокаливаемости в машиностроении с учетом их наилучших физико-механических и триботехнических характеристик.

Методика проведения испытаний

Физико-механические и триботехнические эксперименты проводились для объектов из стали 60, стали 60ПП, стали 40Х после предварительной термообработки.

Образцы из стали 60 обрабатывались объемной закалкой при температуре нагрева 840 °С с охлаждением в воде со скоростью 600 °С/с и высоким отпуском при температуре нагрева 650 °С, низким отпуском при температуре нагрева 200 °С.

Объекты из стали 60ПП подвергались объемно-поверхностной закалке при температуре нагрева 1000 °С, спрейерном охлаждении со скоростью 1000 °С/с.

Образцы из стали 40Х обрабатывались ТВЧ при температуре нагрева 850 °С с охлаждением в струе воды со скоростью 1000 °С/с и низким отпуском при температуре нагрева 200 °С.

После упрочнения проводились физико-механические эксперименты по определению твердости и ударной вязкости нижеприведенными методами.

Твердость на поверхности и в сердцевине круглых образцов диаметром 25 мм, длиной 100 мм измерялась методом Роквелла [1].

Стандартные образцы размерами 55 × 10 × 10 мм с надрезом глубиной 2 мм и радиусом 1 мм по ГОСТ 9454–78 испытывались на ударную вязкость копером маятниковым МК-30 [2].

Для триботехнических исследований использовался ролик 1 наружным диаметром 40 мм и внутренним – 16 мм. Такой образец из стали 60, стали 60ПП, стали 40Х подвергался термической обработке до твердости 60 HRC, для создания одинаковых условий при проведении экспериментов и сравнения полученных результатов при разных способах термообработки. В качестве контртела применяли вкладыш 2 из высокопрочного чугуна ВЧ-100. Испытания проводили на машине трения СМТ-1. Граничное трение пары «Вал – частичный вкладыш» (рис. 1) производилось при различных режимах нагружения в зависимости от определяемых триботехнических характеристик [3].

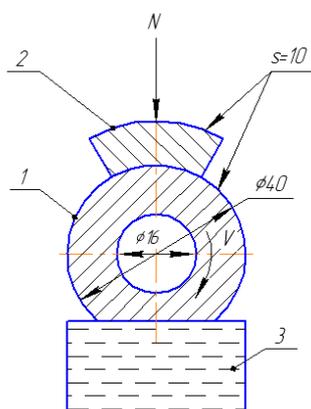


Рис. 1. Схема испытания «Вал – частичный вкладыш»:

1 – ролик; 2 – вкладыш; 3 – емкость для смазки

Испытания для определения линейной интенсивности изнашивания и износостойкости проводились в условиях граничного трения при давлениях $p = 0,5; 1; 1,5$ МПа и скоростях скольжения $v = 0,25; 0,5$ м/с, плотности испытываемых материалов $\rho_{1,2} = 7,8$ г/см³ и $\rho_3 = 7,82$ г/см³; площади поверхностей трения – $A = 2$ см².

Результаты

Физико-механические исследования показали, что сочетание материала 60ПП и метода объемно-поверхностной закалки позволяет получить высокую твердость как на поверхности (62 HRC₃), так и в сердцевине (32 HRC₃) образца (рис. 2).

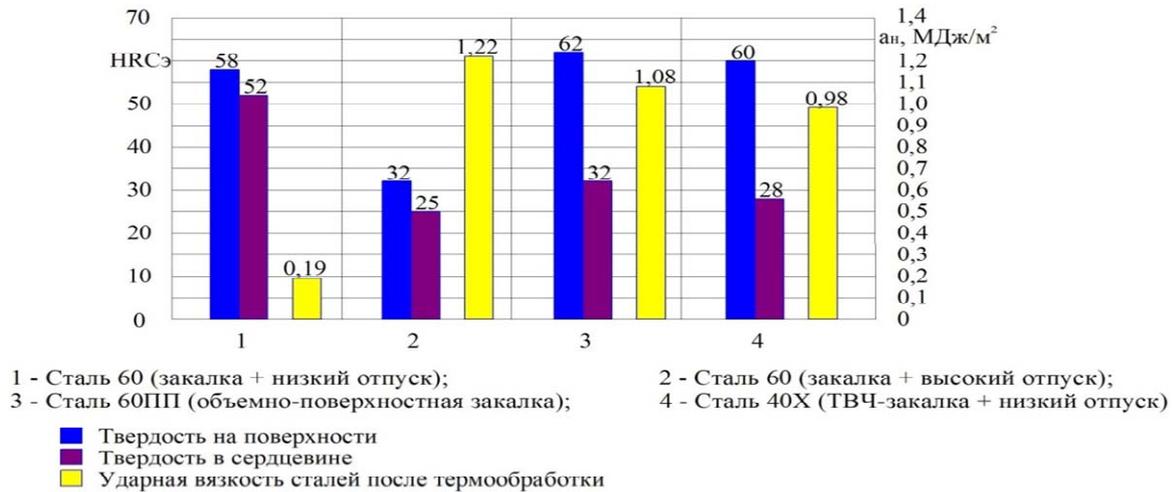


Рис. 2. Твердость и ударная вязкость образцов на поверхности и в сердцевине

На основании триботехнических испытаний определено, что линейная интенсивность изнашивания повышается при увеличении нагрузки. При небольших нагрузках и скоростях ФПК мала, а при их повышении увеличивается число контактов, что ведет к изнашиванию испытуемых объектов (рис. 3) [4].

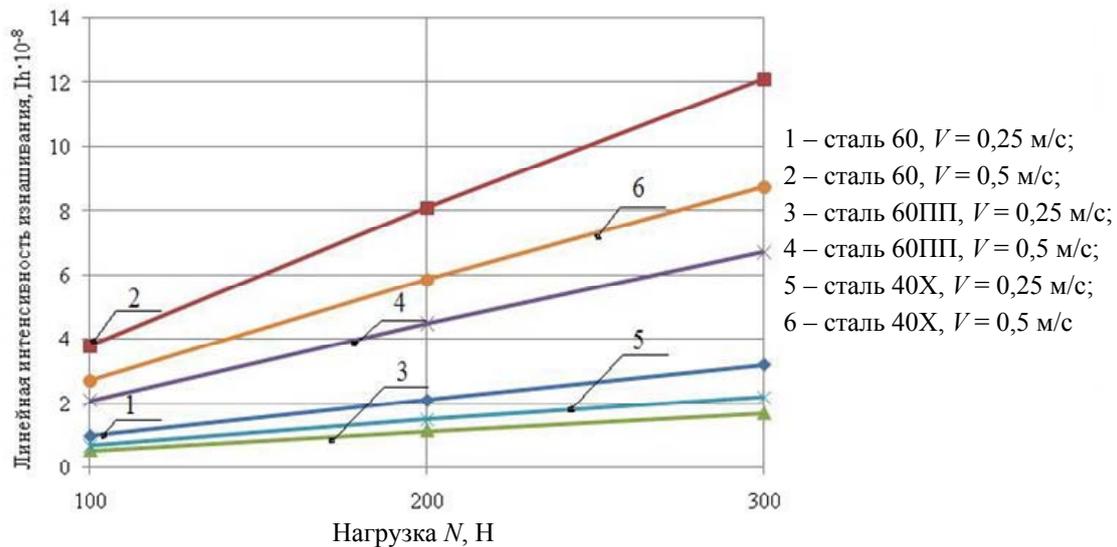


Рис. 3. Зависимость линейной интенсивности изнашивания от нагрузки

При определении твердости образцов по глубине прокаливаемого слоя оказалось, что применение метода объемно-поверхностной закалки позволило получить достаточно высокую твердость на поверхности (62 HRC₃) и низкую – в сердцевине

(32 HRC₃), что и обеспечило в итоге более высокие прочностные и эксплуатационные свойства по сравнению с другими методами. Доказательством этого служит большое значение ударной вязкости ($a_n = 1,08 \text{ МДж/м}^2$), которое получилось при проведении эксперимента.

Полученные данные триботехнических испытаний показали, что сталь 60ПП, обработанная объемно-поверхностной закалкой, имела лучшие характеристики по сравнению со сталью 60 и сталью 40Х, упрочненными другими методами. Линейная интенсивность изнашивания у стали 60ПП в 1,3 раза ниже, чем у стали 40Х, и в 1,8 раз ниже, чем у стали 60.

Литература

1. Гринберг, Б. Г. Лабораторный практикум по материаловедению и термической обработке / Б. Г. Гринберг, Т. М. Ивашенко. – М. : Высш. шк., 1968. – 202 с.
2. ГОСТ 9454–78. Метод испытания на ударный изгиб при пониженной, комнатной и повышенных температурах. – Взамен ГОСТ 9454–60, ГОСТ 9455–60 и ГОСТ 9456–60 ; введ. 1988–01–09. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 16 с.
3. Прушак, В. Я. Методы испытаний материалов на трение и износ : учеб. пособие для студентов вузов / В. Я. Прушак. – М. : Высш. шк., 1999. – 62 с.
4. Богданович, П. Н. Трение и износ в машинах / П. Н. Богданович, В. Я. Прушак. – М. : Высш. шк., 1999. – 374 с.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИИ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ ХОЛОДНОВЫСАДОЧНЫХ МАТРИЦ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ИХ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Л. С. Верещагина

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

Научный руководитель И. Н. Степанкин

Введение

Основными причинами разрушения холодновысадочной оснастки являются износ и усталостное разрушение материала инструмента. Работоспособность штамповой оснастки во многом определяется качеством изготовления и стойкости матриц, которые выходят из строя из-за усталостного разрушения и изнашивания формообразующих поверхностей. Стойкость матриц можно повысить путем снижения действующих в процессе высадки напряжений, применения материалов с более высоким пределом выносливости и изменения структуры формообразующих поверхностей. Сложная форма рабочей поверхности способствует перераспределению эксплуатационных нагрузок. Это приводит к существенной концентрации контактных напряжений на отдельных участках гравюры и снижает ресурс эксплуатации инструмента за счет изнашивания поверхностного слоя металла.

В работе исследовано влияние геометрических характеристик гравюры холодновысадочных матриц на их напряженно-деформированное состояние и стойкость.

Объекты и методики исследования

Объектом исследования являются матрицы для изготовления болтов железнодорожного крепежа М22х70. Оценку напряженного состояния инструмента осуществляли с помощью метода конечных элементов, реализуемого программным продуктом ANSYS.

Результаты исследования и их обсуждение

Численные исследования напряженного состояния холодновысадочных матриц показали, что зоны максимальных эквивалентных напряжений (выше 5000 МПа) проходят через область сопряжения формообразующей поверхности с отверстием под стержень болта (рис. 1). Это приводит к интенсивному износу материала матриц на указанных участках гравюры. В случае получения формообразующей поверхности электроэрозионным способом ее повреждение начинается с выкрашивания карбидов и образования микрополостей в наиболее нагруженных местах (рис. 2) уже после первых циклов работы инструмента. На границе «карбид – металлическая матрица» зарождаются и распространяются вглубь металла трещины (рис. 2). Размеры образующихся дефектов составляют около 20–30 мкм и превышают критическую длину трещины для стали Р6М5, которая согласно [1] составляет около 7 мкм.

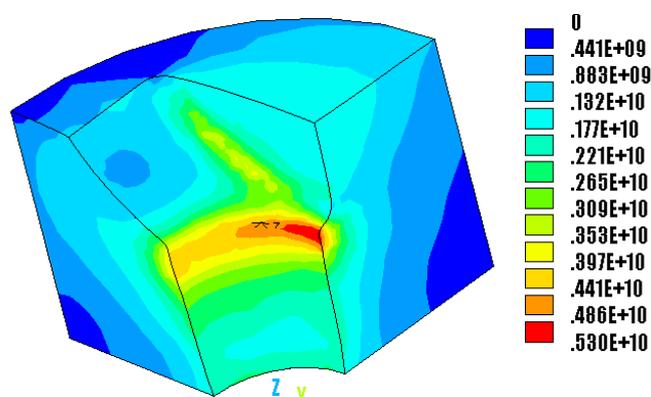


Рис. 1. Распределение эквивалентных напряжений (Па) по рабочей поверхности матриц третьего перехода для высадки болта М22х70

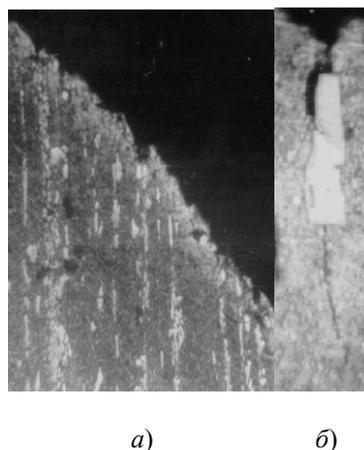


Рис. 2. Микроструктура матриц, формообразующая поверхность которых получена электроэрозионным способом: (а) $\times 100$; (б) $\times 1600$

Выход из сложившегося положения достигнут посредством изменения геометрии формообразующей поверхности с целью перераспределения напряжений на гравюре штампа и разгрузки наиболее опасного участка. Очевидно, что изменение формы рабочей полости не должно отразиться на размерах поковки, окончательно

формируемой на третьем переходе. Учитывая, что окончательная обработка граней головки болтов происходит на четвертом переходе (обсекание облоя), областью для корректировки рабочей поверхности можно считать участки матрицы, формирующие облой на головке болта [2].

Перераспределение напряжений на формообразующих поверхностях и снижение интенсивности износа матриц второго и третьего переходов обеспечено путем изготовления на боковых поверхностях ручья матриц разгружающих камер в виде цилиндрических лысок (рис. 3). Изменение формы гравюры матриц позволило более равномерно распределить эквивалентные напряжения по рабочей поверхности матриц (рис. 4), максимальная величина которых снижена в 1,5–2 раза (рис. 5).

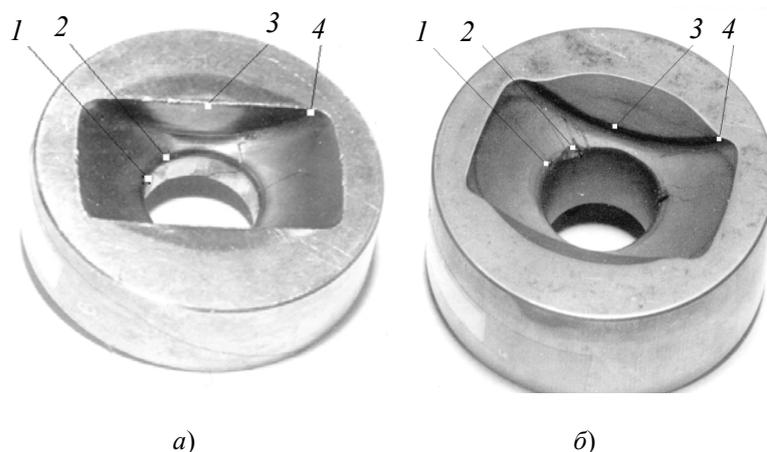


Рис. 3. Формообразующая поверхность матриц прототипов (а) и после изготовления разгружающих камер (б)

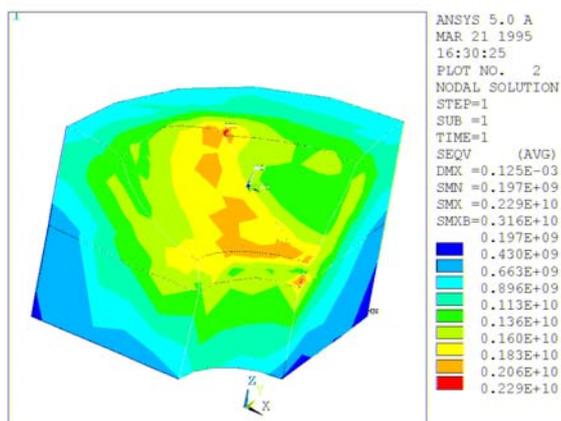


Рис. 4. Распределение эквивалентных напряжений по рабочей поверхности матриц с разгружающими камерами. Радиус сопряжения – 5 мм

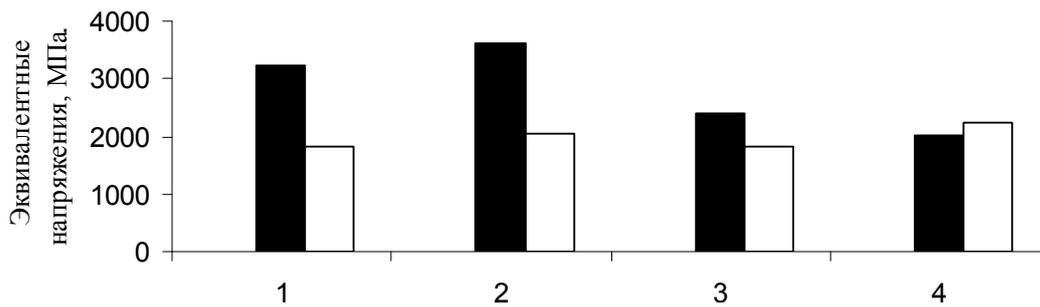


Рис. 5. Величина эквивалентных напряжений в наиболее нагруженных зонах рабочей поверхности:

- – $\sigma_{\text{экв}}$ для матрицы без разгружающих камер;
- – $\sigma_{\text{экв}}$ для матрицы с разгружающими камерами

Заключение

Экспериментальная проверка показала, что изнашивание ручья матриц с разгружающими камерами и радиусом сопряжения формообразующей поверхности около 5 мм, происходит без возникновения очагов повышенного износа. По мере увеличения числа высаженных деталей рабочая полость матрицы углубляется без изменения своей первоначальной геометрической формы.

Литература

1. Кремнев, Л. С. Особенности разрушения инструментальных материалов / Л. С. Кремнев // *Металловедение и термообработка металлов*. – 1994. – № 4. – С. 17–22.
2. Кенько, В. М. Исследование зависимости напряженно-деформированного состояния холодновысадочных матриц от их геометрической формы / В. М. Кенько, И. Н. Степанкин, А. И. Столяров // *Новые технологии в машиностроении и вычислительной технике* : тр. X науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов / Брест. политехн. ин-т. – Брест, 1998. – С. 139–141.

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РАБОЧЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРОШИВНОГО СТАНА

В. Н. Ковалев

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

Научный руководитель Ю. Л. Бобарикин

Получение гильз или полых трубных заготовок является первой прокатной операцией в технологии получения горячекатаных бесшовных труб. В современном трубопрокатном производстве существуют нерешенные проблемы, связанные с низкой стойкостью прошивного инструмента и с нестабильными качественными показателями получаемых гильз. Проблемы вызваны повышенными механическими и термическими нагрузками в очаге деформации.

Цель работы: получение стабильно высокой износостойкости рабочего инструмента прошивного стана при прошивке заготовок из углеродистых и легированных сталей.

Для решения этих проблем используются следующие подходы или методологии решения:

1. Экспериментальная обработка разных вариантов режимов прошивки на прошивном стане с целью опытного определения оптимальных параметров, повышающих стойкость инструмента и качество гильз. Такой подход можно назвать натуральным экспериментом.

2. Аналитическое определение оптимальных режимов прошивки с помощью известных теоретических, эмпирических зависимостей.

3. Построение адекватных численных моделей процесса с помощью компьютерных вычислений на основе математических зависимостей реологии упругой и пластической деформации металлов. Выполнение виртуальных экспериментов и определение оптимальных решений для параметров прошивки.

Наиболее оптимальный – третий подход к решению поставленной задачи, так как является менее затратным и точным.

В настоящее время наиболее применяемой оправкой при производстве труб из заготовки Ø 140 мм является оправка Ø 120 мм. Это связано с тем, что большей частью производимого сортамента являются трубы с тонкой стенкой, и ее невысокая средняя стойкость – 100 условных прошивок. В связи с этим для замены оправки Ø 120 мм, получения стенки гильзы от 9,4 до 11,3 мм была разработана оправка Ø118 мм.

Для расчета оправки Ø118 мм впервые была построена численная модель прокатки гильз на прошивном стане с грибовидными валками и направляющими дисками, которая позволяет определить значения напряжений, деформаций, тепловые и силовые параметры, действующие на заготовку и прошивную оправку.

В качестве объекта моделирования были взяты три варианта прошивных оправок (табл. 1).

Каждая оправка показала различное поведение в промышленных условиях. В первом случае не происходил захват заготовки (оправка № 1), во втором случае процесс прошивки проходил успешно (оправка № 2), по двум данным оправкам можно судить о адекватности построенной численной модели. Оправка № 3 является опытным образцом, еще не реализованным в промышленных условиях.

Таблица 1

Геометрические параметры прошивных оправок

Прошивные оправки	Длина сферического участка, мм	Радиус сферического участка, мм	Длина конического участка, мм	Угол конического участка, град.	Выдвижение оправки за пережим, мм	Диаметр оправки, мм	Длина оправки, мм
Оправка № 1	150	437,1	70	5,3	90	120	310
Оправка № 2	140	295,2	70	3,36	83	120	290
Оправка № 3	150	425	60	5	104	118	272

Адекватность модели доказана сравнением расчетных и фактических значений силовых и геометрических параметров прокатки.

При численном моделировании у процесса с оправкой № 1 не произошел захват заготовки, точно так же как и в промышленных условиях.

При сравнение значений фактических и расчетных нагрузок на валки процесса прошивки с оправкой № 2 погрешность составила не более 3 %.

**Сравнение расчетных и фактических значений
геометрических параметров прокатки**

Расчетные и фактические значения геометрических параметров прокатки	Толщина стенки, мм	Внутренний диаметр гильзы, мм	Наружный диаметр гильзы, мм
Фактические значения	10,75–11,5	138,75–139,5	149,5–151
Расчетные значения	11,3	138,7	150

Ниже представлен график сравнения усилий, действующих на прошивную оправку. В направлении оси X (рис. 6, *а*), вдоль оси прошивной оправки максимальное усилие при установившемся режиме прошивки показал процесс с оправкой № 2: $F_x = 420$ кН. Усилие снизится на 140 кН в случае использования оправки № 3.

В процессе образования полости положение заготовки при прошивке становится неустойчивым. Происходит незначительный перекося относительно оси оправки, в результате чего растут силы, действующие по оси Y в направлении валков (рис. 1, *б*), и в направлении оси Z – на направляющие диски (рис. 1, *в*).

Усилие на валки изменяется циклично, так как заготовка вращается в процессе формирования полости.

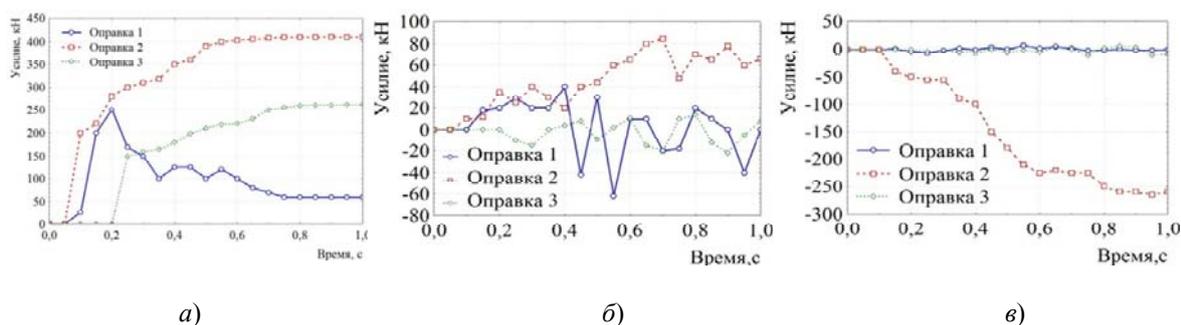


Рис. 1. График усилий, действующих на оправку:
а – усилие по оси X ; *б* – усилие по оси Y ; *в* – усилие по оси Z

Наибольшее усилие на направляющие диски показал процесс с оправкой № 2. В случае применения оправки № 3 усилие на направляющие диски минимально.

Также построенная модель позволит получить результаты по нагреву заготовки и прошивной оправки. Так как одним из характерных видов износа является оплавление носика, был изучен процесс нагрева оправки в процессе получения полости в заготовке. Температура во всех случаях увеличивается экспоненциально. На рис. 2, *а* изображены графики увеличения температуры прошивных оправок № 2 и 3, анализируя их, можно увидеть, что в случае применения оправки № 3, нагрев ее происходит более медленно. Были определены законы увеличения температуры для каждого конкретного случая и построены графики (рис. 2, *б*), на которых отображены увеличения температуры за весь цикл прошивки, и отчетливо видно, что увеличение температуры у оправки № 3 ниже.

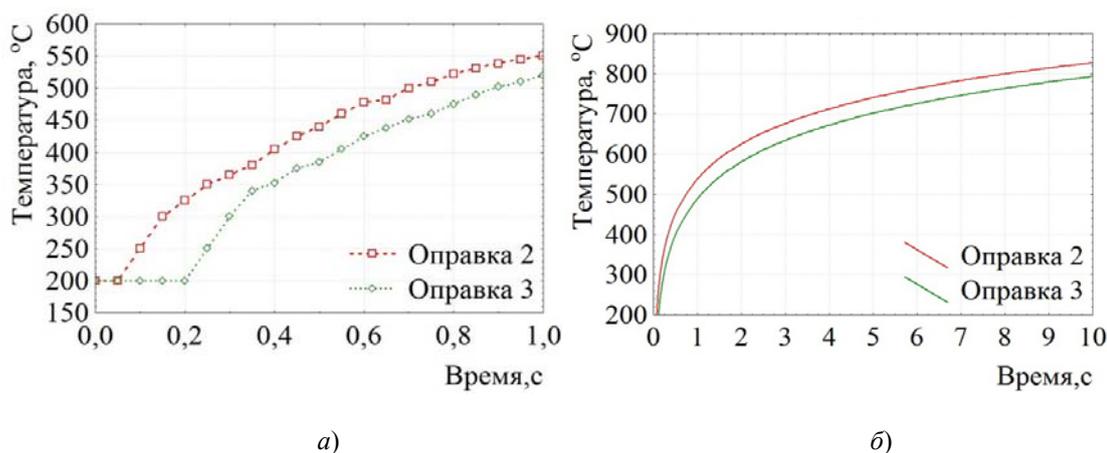


Рис. 2. Графики изменения температуры прошивных оправок:
 а – увеличение температуры оправки во время прошивки;
 б – увеличение температуры оправки за весь цикл прошивки

На основании полученных расчетных результатов можно сделать вывод, что при внедрении новой прошивной оправки (оправка № 3) стойкость инструмента возрастет, при этом нет необходимости изменять другие параметры процесса прошивки, так как на выходе будет получена гильза с теми же геометрическими размерами.

В феврале 2014 г. проведено испытание оправок прошивного стана Ø 118 мм в ТПЦ ОАО «БМЗ» (рис. 3). Таким образом, промышленный эксперимент подтвердил расчетные данные. Результат исследований внедрен на данном предприятии.

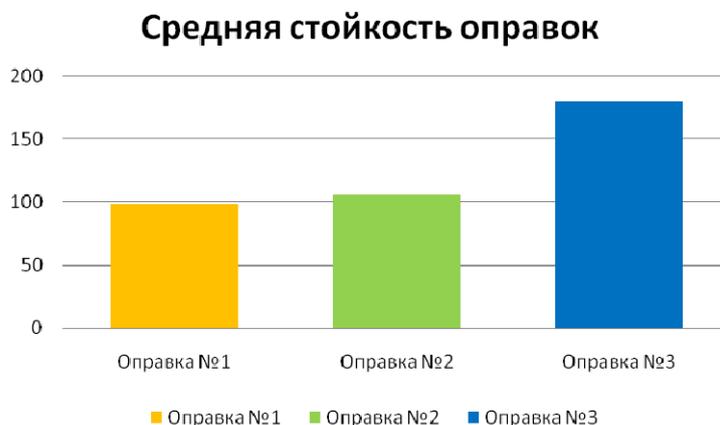


Рис. 3. Результаты промышленных испытаний

РАЗРАБОТКА КАНТУЮЩИХ КАЛИБРОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СОРТОВОЙ ПРОКАТКЕ

Д. Е. Руденко

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

Научный руководитель Ю. Л. Бобарикин

Актуальность работы подтверждается широким развитием процесса прокатки-разделения в мировой практике производства не только мелкосортного проката, но и сортовой заготовки для современных станов.

Совершенствование процесса прокатки-разделения, несомненно, актуально и в условиях мелкосортного стана 320 ОАО «БМЗ», где постоянно поддерживается высокий темп прокатки с целью обеспечения постоянства температурного режима прокатываемых полос для получения требуемого уровня и степени равномерности свойств готовой продукции. Сбои в работе стана неизбежно приведут к потере его производительности, особенно с учетом необходимости кантовки раската в межклетевых промежутках непрерывных групп клетей.

Цель работы

Осуществить разработку и освоение калибровки валков для прокатки арматурных профилей методом сдвоенной прокатки-разделения с использованием кантующих калибров, а также повышение производительности мелкосортного стана 320, стабилизация процесса передачи передней части заготовки в последующую клеть и повышение точности формирования раската.

Обзор методов расчета угла кантования и момента сил кантовки выявил необходимость учета силового взаимодействия валков и металла при кантовании раската. Разработанная с учетом этого методика определения размеров выпуклостей на противоположных гранях калибров, обеспечивающих получение, с одной стороны, требуемой формы и размеров раската и, с другой – кантовку его на заданный угол, выполнены автором впервые. При этом использован принцип применения известных решений для получения нового качества – определения параметров процесса прокатки с кантовкой, обеспечивающих безаварийную задачу раскатов в следующую клеть стана при непрерывной прокатке.

Одним из преимуществ кантующих валков в сравнении с другими видами арматуры качения является возможность установки подшипников любого типа и размеров. Помимо этого, подшипники выносятся из зоны высоких температур и легко защищаются от действия окалины и воды.

Устранение нежелательного обжатия заготовки кантующими валками, если этого не требуется специально, которое может иметь место при увеличении размеров выходящего сечения, достигается специальными клиновидными углублениями ручьев калибров (рис. 1).

Расстояние между осями прокатных и кантующих валков выбирается в зависимости от величины угла наклона кантующего калибра. Для обеспечения плавного входа полосы в калибр кантующего валка и наименьшей разности скоростей по ширине рабочего пояса угол наклона калибра не должен превышать 18–20°. Это способствует уменьшению износа пояса и увеличению срока службы кантующего калибра.

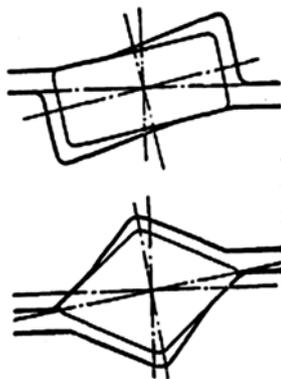


Рис. 1. Калибры кантующих валков

Настройка кантующих валков весьма проста и может производиться во время работы стана. Регулировка угла кантовки раската легко осуществляется путем изменения расстояния между кантующими валками или смещением одного из них в осевом направлении.

Стойкость кантующих валков в 100–150 раз выше стойкости геликоидальных проводок. Срок их службы при непрерывной работе составляет от 4 до 14 месяцев. В связи с высокой стойкостью стоимость эксплуатации кантующих валков во много раз меньше, чем геликоидальных проводок.

Применение кантующих валков способно полностью устранить возникновение поверхностных дефектов по вине кантующих устройств и ускорить перевалки.

Использование кантующих валков предоставляет широкое поле деятельности при выборе калибровки. Например, возможность осуществления устойчивой кантовки на любой заданный угол, в том числе на 90° либо на 45° , что позволяет переходить в последних клетях на прокатку по системе «ромб–квадрат» с соответствующим улучшением качества получаемого профиля.

Простота конструкции и высокие эксплуатационные качества кантующих валков позволяют рекомендовать их к широкому внедрению на заготовочных, сортовых и некоторых проволочных непрерывных станах в качестве наиболее удачной современной конструкции проводковой арматуры.

Задачи повышения эффективности производства сортового проката в условиях сортового стана 320 могут быть решены за счет совершенствования процесса многоручьевого прокатки с продольным разделением раската в потоке стана (процесс «прокатка-разделение» – ПР). Этот процесс в мировой практике применяется, в основном, при производстве сортового проката, в частности, арматурного проката периодического профиля. Процесс прокатки-разделения хорошо вписывается в концепцию совершенствования технологии производства сортового проката, и особенно эффективен при увеличении сечения исходной заготовки. Не требуя существенных капитальных затрат, процесс ПР, помимо повышения производительности, обеспечивает ряд дополнительных преимуществ, в частности, снижение энергозатрат и экономию материальных ресурсов. Практическая реализация этого процесса приводит к росту производительности сортопрокатного стана, снижению расхода валков, удельного расхода электроэнергии, а также, в ряде случаев, уменьшению капиталовложений при строительстве новых станков. Указанные обстоятельства обеспечивают

повышение рентабельности производства, что особенно важно в условиях современного рынка.

Эта тема становится еще более актуальной, когда речь идет о так называемом слитинг-процессе, который впервые получил развитие при производстве арматурного проката мелких сечений в прутках на сортовых линиях комбинированных станов, а также иногда при необходимости параллельно получать подкат круглого сечения для производства катанки в мотках на проволочных линиях.

Прокатка-разделение, осуществляемая в непрерывных группах станов с горизонтальным расположением рабочих валков, сопряжена с необходимостью кантовки раската на 45° и 90° , что, в свою очередь, повышает вероятность сбоев при передаче раската в следующую клеть. Сбои в работе технологической цепочки «делительное устройство – кантующая проводка – рабочая клеть» приводят к потере не только прокатываемого в данный момент раската, но и, как минимум, следующего, если он уже выдан из печи. Потери темпа и годного проката при сбоях в работе (бурежках) не только снижают эффективность процесса ПР, но и могут свести на нет все имеющиеся достижения по повышению эффективности производства современного непрерывного мелкосортного стана.

Рассматриваемая нами конструкция кантующих калибров применительно к прокатке-разделению в потоке стана на две нитки арматурной стали № 18 имеет ряд некоторых отличий от представленной выше «классической калибровки» валков кантующих калибров (рис. 2).

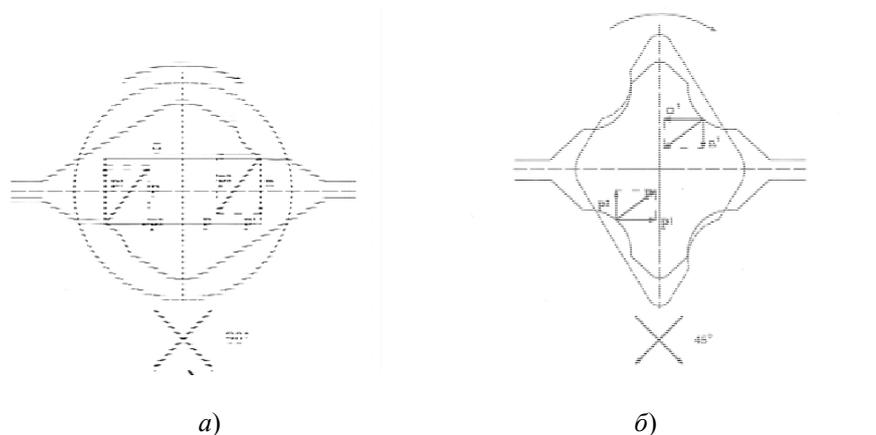


Рис. 2. Схема взаимодействия ромбического (а) и квадратного (б) кантующих калибров с раскатом

Опыт, накопленный при освоении и производстве арматурной стали на стане 320 методом сдвоенной прокатки по проектной технологии, свидетельствует о высокой вероятности возникновения аварийных ситуаций в промежутках между клетями № 11–12 и № 13–14. Такие ситуации вызываются застреванием раската в валках из-за неудовлетворительной его кантовки, что обусловлено износом в процессе эксплуатации роликов кантующих проводок, изменением температуры прокатываемого металла и геометрических параметров раската.

Момент скручивания раската ромбического сечения определяется как момент M , создаваемый в очаге деформации и приводящий к кантовке раската, выходящего из квадратного калибра, равен $M = Pa$. Чтобы кантовка раската осуществилась на заданный

угол $\left(\frac{\pi}{4}\right)$ при определенной длине межклетьевого промежутка, например, 4000 мм, этот момент должен быть равен моменту, определенному по уравнению:

$$\frac{h^2}{12} k = Pa.$$

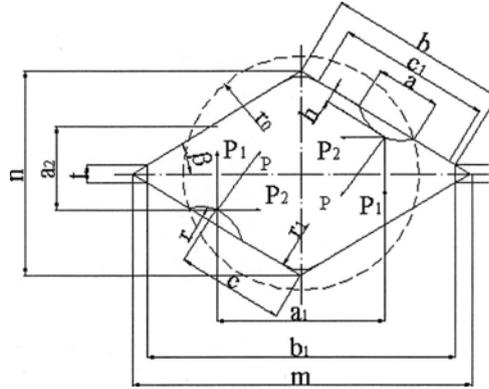


Рис. 3. Схема к определению момента скручивания раската при прокатке в ромбическом калибре

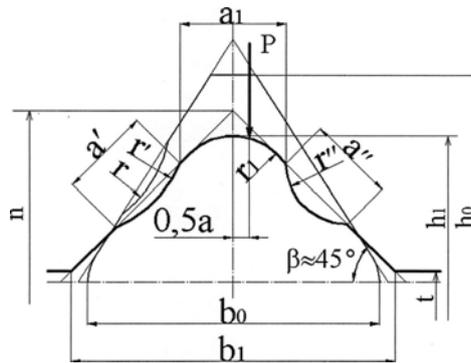


Рис. 4. Схема к определению момента скручивания раската при прокатке в квадратном калибре

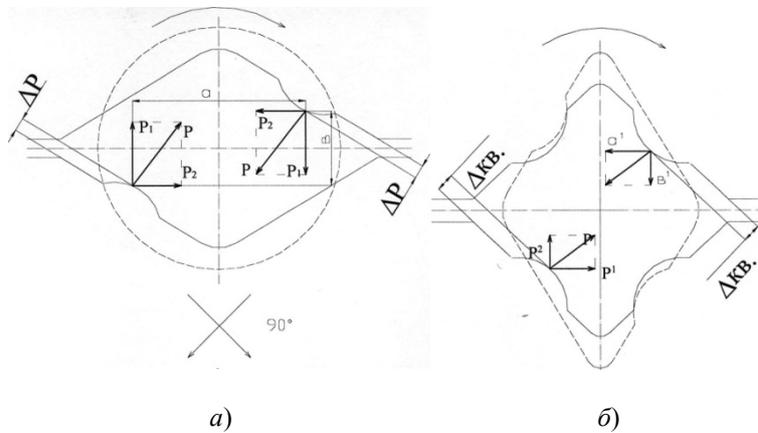


Рис. 5. Уточненная схема кантующих калибров: а – ромбического; б – квадратного

Для стабилизации кантовки раската в указанных межклетевых промежутках с учетом специфики технологии сдвоенной прокатки разработаны профили вытяжного кантующего ромбического калибра и формирующего кантующего квадратного калибра с выпуклыми гранями. Анализ факторов, влияющих на кантовку раската при формировании сдвоенного профиля в процессе прокатки-разделения, показал, что величина угла кантовки при прокатке разных профилеразмеров арматурной стали различна и зависит от параметров формируемых выпуклостей, при этом глубины вогнутостей на гранях ромба Δ_r и квадрата $\Delta_{кв}$ описываются уравнениями линейной регрессии, дающими хорошее совпадение с величинами, полученными при расчете по нашей методике:

$$\Delta_r = (0,070 - 0,072) N; \quad \Delta_{кв} = (0,125 - 0,128) N,$$

где N – номер профилеразмера арматурного профиля.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА КАЛИБРОВКИ ВАЛКОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АРМАТУРНЫХ ПРОФИЛЕЙ СЛИТТИНГ-ПРОЦЕССОМ НА МЕЛКОСОРТНЫХ НЕПРЕРЫВНЫХ СТАНАХ

Н. В. Старков

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

Научный руководитель Ю. Л. Бобарикин

Цель работы

Разработать оптимальную методику расчета калибровки валков прокатки арматурных профилей слиттинг-процессом; вывести основные закономерности расчета геометрических параметров специальных калибров для слиттинг-процесса.

В настоящее время как в отечественной, так и в зарубежной литературе не существует методики расчета специальных калибров для слиттинг-процесса прокатки арматурных профилей, следовательно, и всего технологического процесса данного вида производства.

При расчете калибровки прокатки слиттинг-процессом заданного профиля необходимо учитывать число линий прокатки при расчете формоизменения. Также важен профилеразмер, который целесообразно получить из промежуточных клетей стана, зависящий от числа линий конечного профиля. При данном процессе в обязательном порядке присутствуют *специальные калибры* (рис. 1), формирующие многолинейный раскат, соединенный между собой перемычками. Отдельные сегменты, разделяемые между собой перемычкой, должны формоизменяться таким образом, чтобы обеспечить равенство геометрических размеров и масс одного погонного метра между линиями полученного в конечном итоге профиля. Желательно наличие контрольного калибра для задания в первый специальный формообразующий калибр прямоугольного раската строго определенных размеров. Целесообразно использовать систему гладких бочек в промежуточных группах клетей для формирования прямоугольного раската. Их число зависит от количества линий прокатки заданного профиля. Подкатом для гладкой бочки из черновой группы клетей может быть как круглое сечение, так и сечение отличной от круга формы.

Число специальных калибров при прокатке арматурных профилей на стане 320 ОАО «БМЗ»: № 10 – 3 (5 линий), № 12 – 3 (4 линии), № 14 – 3 (3 линии), № 16 – 3 (3 линии), № 20 – 3 (2 линии); № 18 не рассматриваем, так как в калибровке при-

меняется система кантующих калибров. Из приведенных данных становится ясно, что число $n_{с.к} = 3$ – необходимое и достаточное число специальных калибров для слиттинг-процесса.

Разработанная в данной работе методика расчета имеет прикладную направленность и основана на передовом опыте многоручьевого прокатки-разделения мелкосортного непрерывного стана 320 в условиях ОАО «БМЗ». Выведены эмпирические зависимости для расчета основных параметров специальных калибров слиттинг-процесса в зависимости от номера профиля N при определенных энергосиловых параметрах прокатки (см. таблицу).

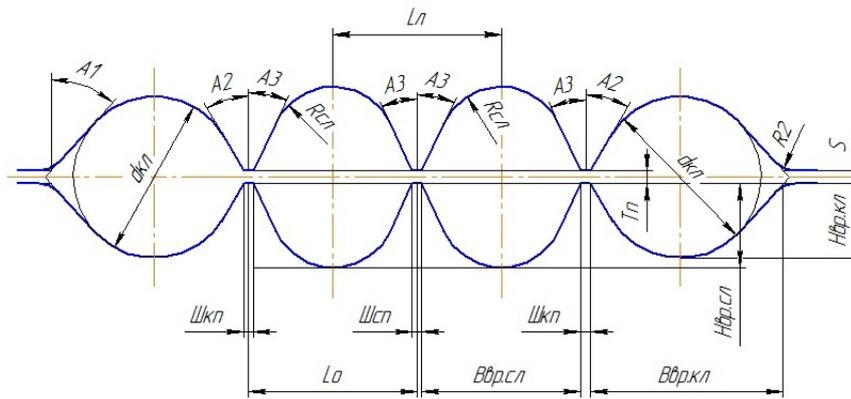


Рис. 1. Третий специальный калибр слиттинг-процесса

Зависимости для определения размеров третьего специального калибра слиттинг-процесса (сталь 3сп)

Параметры специального калибра	Определение размеров
Диаметр крайних линий $d_{кл}$, мм	$N \cdot 1,23 - (\ln(0,1 \cdot N))^{1,083}$
Радиус по дну средних линий $R_{сл}$, мм	$N \cdot 0,48 - (\log_{10}(0,1 \cdot N))^{0,8}$
Величина межвалкового зазора S , мм	1
Угол A_1 , град	42
Угол A_2 , град	30
Угол A_3 , град	25
Расстояние между центрами осей средних линий $L_{л}$, мм	$N \cdot 1,28 - (\ln(0,1 \cdot N))^{0,948}$
Расстояние между центрами перемычек L_0 , мм	$L_0 = L_{л}$ (при $\text{Ш}_{сп} = \text{Ш}_{кп} = \text{Ш}_{п}$)
Глубина вреза крайних линий $H_{вр. кл}$, мм	$0,5 \cdot (d_{кл} - S)$
Ширина вреза крайних линий $B_{вр. кл}$, мм	определяется из построения
Толщина перемычки $T_{п}$, мм	$T_{п} \geq S; 1$
Ширина средней перемычки $\text{Ш}_{сп}$, мм	0,5...0,75
Ширина крайней перемычки $\text{Ш}_{кп}$, мм	0,5...0,8; или $\text{Ш}_{сп} = \text{Ш}_{кп} = \text{Ш}_{п}$
Глубина вреза средних линий $H_{вр. сл}$, мм	определяется из построения
Ширина вреза средних линий $B_{вр. сл}$, мм	$L_0 - 0,5 \cdot \text{Ш}_{п}$
Радиус R_2 , мм	2...3

При исследовании особенностей формоизменения металла в специальных калибрах использована модель на основе метода конечно-элементного анализа (рис. 2).

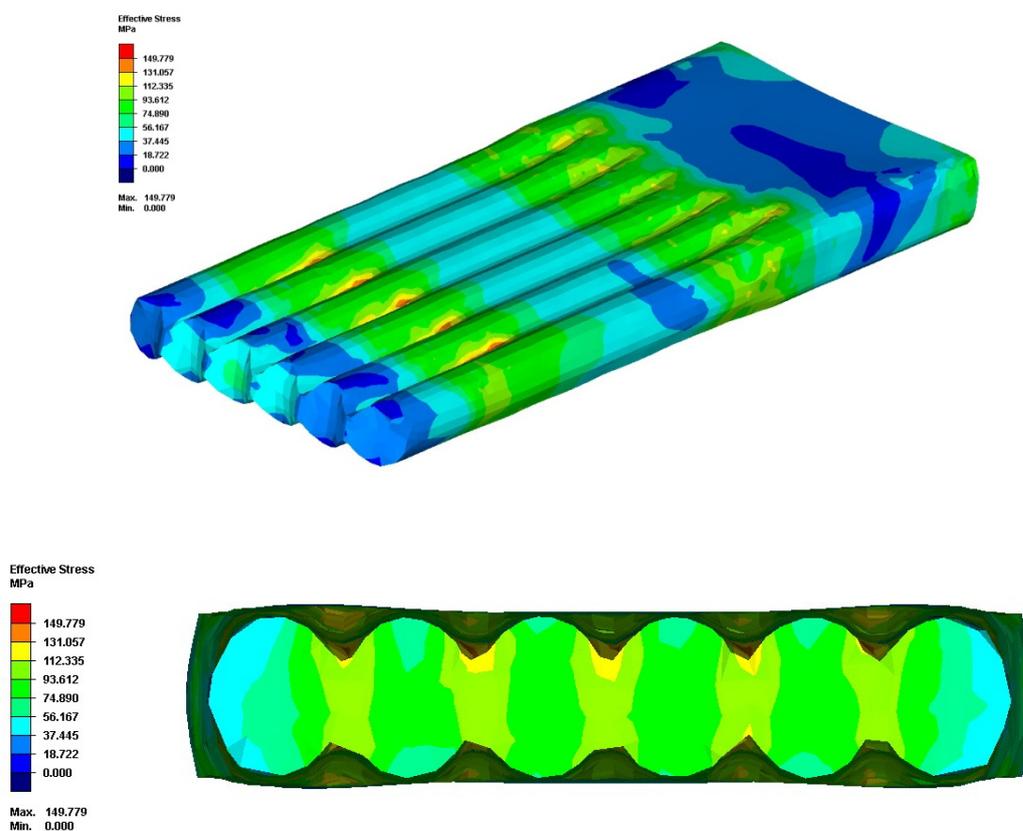


Рис. 2. Моделирование формоизменения металла во втором специальном калибре слиттинг-процесса (прокатка арматурного профиля № 10 в 6 линиях прокатки)

Также целью работы является вывод уточняющих коэффициентов для полученных эмпирических зависимостей, учитывающих особенности формоизменения металла в зависимости от энергосиловых параметров прокатки. Это позволит производить точный расчет калибровки валков на любых непрерывных станах, учитывая такие параметры, как марка прокатываемой стали, материал валков, скорость прокатки, температура прокатки и т. п.

В итоге впервые получена универсальная методика для расчета калибровки валков арматурных профилей слиттинг-процессом на мелкосортных непрерывных станах.

СЕКЦИЯ III ЭНЕРГЕТИКА

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

В. В. Попичев

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

Научный руководитель Д. И. Зализный

Цель исследования: разработка математической модели, позволяющей в режиме реального времени рассчитывать температуры основных элементов электродвигателя.

Разработка упрощенной математической модели производилась на примере асинхронного двигателя (АД) с короткозамкнутым ротором типа 4АМ112М4.

Базовая математическая модель тепловых процессов АД представлена как система из трех однородных тел (цилиндров): «ротор», «воздушный зазор» и «статор + корпус». Но эта модель не учитывает влияние теплообмена между поверхностью электродвигателя и окружающей средой, поэтому и дает заниженные результаты.

Рассмотрим два вида окружающей среды: внутреннюю и внешнюю. Пусть температура внутренней окружающей среды зависит от нагрева двигателя, а температура внешней окружающей среды – не зависит.

Представим внутреннюю окружающую среду как полый цилиндр с внешним диаметром D_{30} . Внутренняя граница этого цилиндра совпадает с поверхностью двигателя, а внешняя граница соответствует началу области внешней окружающей среды. Внешнюю окружающую среду рассмотрим как полый цилиндр с бесконечно большим внешним диаметром.

На рис. 1 показана конструкция АД как системы тепловых однородных тел (*a*) и структурная схема тепловых процессов в такой системе (*б*).

Каждому однородному телу соответствует значение температуры θ_i на его внутренней границе, где i – номер тела. При этом температуру внешней окружающей среды θ_5 будем считать заранее заданной, полученной в результате измерений.

Дифференциальные уравнения теплового равновесия, описывающие тепловые процессы в рассматриваемой системе, запишутся в виде:

$$\begin{cases} C_1 \cdot \frac{d\theta_1}{dt} + \frac{\theta_1 - \theta_2}{R_1} = P_1; \\ C_2 \cdot \frac{d\theta_2}{dt} + \frac{\theta_2 - \theta_1}{R_1} + \frac{\theta_2 - \theta_3}{R_2} = 0; \\ C_3 \cdot \frac{d\theta_3}{dt} + \frac{\theta_3 - \theta_2}{R_2} + \frac{\theta_3 - \theta_4}{R_3} = P_3; \\ C_4 \cdot \frac{d\theta_4}{dt} + \frac{\theta_4 - \theta_3}{R_3} + \frac{\theta_4 - \theta_5}{R_4} = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где $\theta_1 \dots \theta_5$ – температуры соответствующих однородных тел (рис. 1), °C; $R_1 \dots R_4$ – тепловые сопротивления соответствующих однородных тел, $\frac{^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$; $C_1 \dots C_4$ – теплоемкости соответствующих однородных тел, $\frac{\text{Вт}\cdot\text{с}}{^\circ\text{C}}$; P_1 – потери в роторе, Вт; P_3 – потери в статоре, Вт.

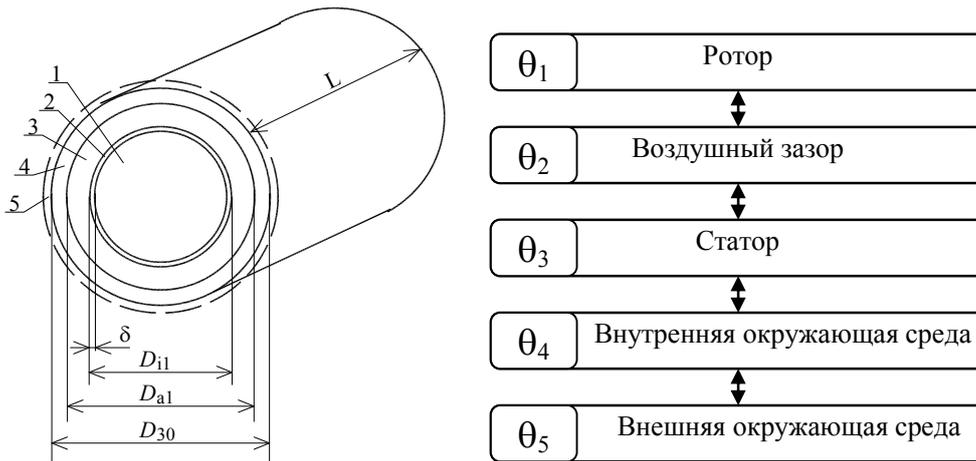


Рис. 1. Представление асинхронного двигателя как системы тепловых однородных тел:

a – конструкция двигателя; δ – ширина воздушного зазора; D_{i1} – внутренний диаметр сердечника статора; D_{a1} – внешний диаметр сердечника статора; D_{30} – диаметр корпуса; l – ротор; 2 – воздушный зазор; 3 – статор; 4 – корпус; 5 – внутренняя окружающая среда; b – структурная схема тепловых процессов

На основе системы уравнений (1) получаем тепловую схему замещения АД, переходные процессы в которой полностью идентичны нестационарным тепловым процессам, и которая позволяет вести расчеты методами теоретической электротехники, что очень удобно и наглядно.

Для этого величины P_1 и P_3 представим в виде источников тока, θ_5 – в виде источника ЭДС, а каждое уравнение системы (1) рассматриваем как уравнения, составленные по первому закону Кирхгофа в узлах искомой схемы. В результате получим схему, приведенную на рис. 2.

Параметры, обозначенные на данной схеме, совпадают с аналогичными параметрами в системе дифференциальных уравнений.

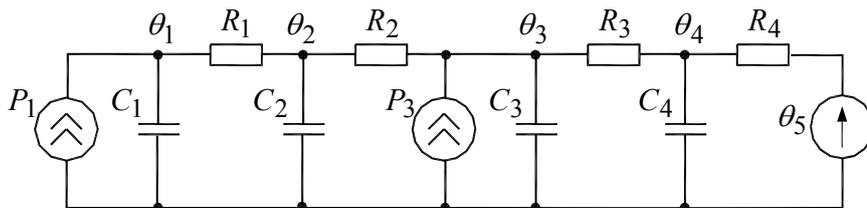


Рис. 2. Тепловая схема замещения асинхронного двигателя с учетом параметров окружающей среды

Данная схема замещения универсальна и позволяет, пользуясь электротехническими методами расчета, получить кривые охлаждения и нагревания в любом промежутке времени при любой нагрузке двигателя.

Для анализа адекватности разработанной модели проводились экспериментальные исследования тепловых процессов в двигателе 4AM112M4. В процессе исследований с помощью цифрового регистратора, соединенного с компьютером, осуществлялось измерение температур воздуха, поверхности двигателя и статора, а также токов статора и фазных напряжений. Цифровой регистратор записывал данные, полученные по всем каналам измерения, в энергонезависимую память и передавал эти данные по интерфейсу RS232S в компьютер.

В результате сравнения данных, полученных во время эксперимента и путем расчета разработанной модели, можно сделать вывод, что исходная математическая модель дает значительные погрешности, так как не учитывает самовентиляцию двигателя и ряд других важных параметров.

Предлагается адаптивная модель, способная автоматически подстраиваться по изменяющиеся условия. Для этого вводятся эквивалентные потери P_4 во внутренней охлаждающей среде, которые рассчитываются косвенно на каждом шаге по непосредственно измеренным значениям токов и температур.

Тепловая схема замещения асинхронного двигателя с учетом дополнительных потерь P_4 во внутренней охлаждающей среде изображена на рис. 3.

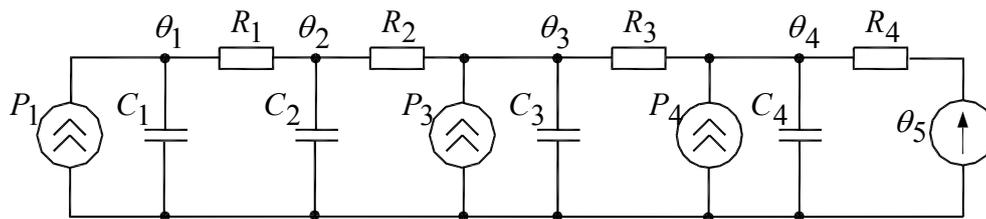


Рис. 3. Тепловая схема замещения асинхронного двигателя с учетом дополнительных потерь P_4 во внутренней охлаждающей среде

Результаты расчета температуры статора двигателя, полученные по адаптивной математической модели, в сравнении с их экспериментальными значениями приведены на рис. 4.

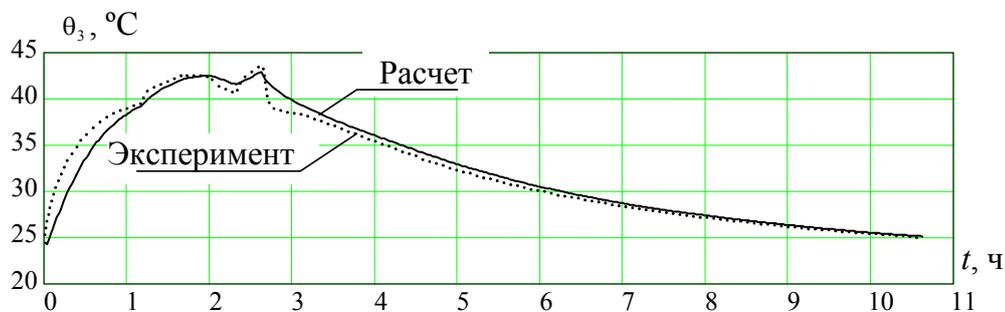


Рис. 4. Расчетные и экспериментальные значения температуры статора двигателя 4AM112M4

Получены следующие показатели качества математической модели. Значения абсолютной погрешности расчета по отношению к эксперименту: максимальное – 3,6 °С, минимальное – 2,2 °С. Коэффициент корреляции: 0,987.

Разработанная математическая модель может быть использована в программном обеспечении устройств защиты и диагностики электродвигателей любых классов напряжений.

РАСЧЕТНО-СПРАВОЧНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

А. Н. Беляй

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

Научный руководитель Ю. Н. Колесник

В связи с общемировой тенденцией к удорожанию энергоресурсов становятся особенно актуальными вопросы снижения потерь электроэнергии в распределительных трансформаторах, составляющих большую часть парка всех электрических силовых трансформаторов. По результатам анализа технических характеристик трансформаторов ведущих мировых производителей и изменения стоимости электроэнергии УП «МЭТЗ им. В. И. Козлова» принято решение по разработке и освоению производства энергосберегающих трансформаторов ТМГ новой серии – ТМГ12. Данные трансформаторы имеют самый низкий уровень потерь холостого хода и короткого замыкания из всех серийно выпускаемых в СНГ силовых трансформаторов общего назначения и выбраны в соответствии с рекомендациями Европейского комитета по электротехнике (CENELEC). Они также имеют сниженный уровень скорректированной звуковой мощности. Таким образом, трансформаторы данной серии являются энергосберегающими и малошумными. Аналоги данной серии трансформаторов выпускаются ведущими мировыми производителями (SIEMENS, ABB, AREVA). Более низкий уровень потерь и шума достигается за счет вложения материалов, однако увеличение стоимости трансформатора (ΔC_t) за счет этого очень быстро окупается.

Воспользуемся приложением расчетно-справочной системы по выбору энергоэффективных трансформаторов, включающее в себя базу данных трансформаторов производства УП «МЭТЗ им. В. И. Козлова», преимущества которых перечислены выше. Пользователь может производить выборку данных из базы по типу, напряжению и мощности. Фрагмент работы приложения представлен на рис. 1. В базе данных представлены основные технические и массогабаритные показатели.

При нажатии на кнопку «Сравнение приведенной полной стоимости трансформатора и выбор оптимального из ряда альтернативных вариантов» пользователю будет предложен альтернативный вариант трансформатора.

Приложение позволяет изменять параметры выбора и запись, на которой остановился курсор мыши, будет считаться выбранной, и данные переносятся в окно «Выбор оптимального варианта из ряда альтернативных», где автоматически предлагается альтернативный вариант в качестве энергосберегающего трансформатора. Для более точной оценки экономической эффективности энергосберегающего трансформатора пользователю предлагается ввести тариф, стоимость трансформаторов и коэффициент загрузки.

Для данного случая была выбрана запись с трансформатором типа ТМГ, приложение в качестве энергосберегающего варианта предлагает трансформатор типа ТМГ12. Так как стоимость ТМГ12 обычно превышает стоимость ТМГ, следовательно, приложение дает достаточное обоснование в виде конкретных значений о целесообразности выбора энергоэффективного трансформатора. Вид окна представлен на рис. 2. Учитывая результаты расчета годовой экономии электроэнергии, стоимость сэкономленной электроэнергии и срок окупаемости разницы в цене для данного случая, принимаем вариант ТМГ12-1000. Произведем сравнительный анализ потерь для установленного на данный момент ТМ-1000 и принятого для установки ТМГ12-1000. Рассчитаем потери в трансформаторах:

$$\Delta P = P_{xx} + \beta^2 P_{кз}. \quad (1)$$

Разница годовых потерь:

$$\Delta P = (\Delta P_1 - \Delta P_2) 8760. \quad (2)$$

Для ТМ-1000:

$$\Delta P_1 = 2,28 + 0,45^2 \cdot 11,9 = 4,69 \text{ кВт.}$$

Для ТМГ12-1000:

$$\Delta P_2 = 1,1 + 0,45^2 \cdot 10,5 = 3,23 \text{ кВт.}$$

Разница годовых потерь по (1):

$$\Delta P = (4,69 - 3,23) 8760 = 12848 \text{ кВт.}$$

Тип трансформатора	Номинальная мощность, кВА	Коэффициент полезного действия, %		Сквозной ток при номинальной нагрузке, А	Потери, Вт		η, %	Размеры										
		U _{10kV}	U _{0,4kV}		кВт	кВА		L	B	H	H1	A	A1	A2	A3	A4	h	h1
ТМГ-100/10-У1(0/0,4)	100	0,23	0,23	У/0n-0	270	1970	4,5	1122	752	1100	525	550	450	335	330	100	131	100
ТМГ-100/10-У1(0/0,4)	100	0,4	0,4	У/0n-0	270	1970	4,8	1122	752	1100	525	550	450	335	330	100	131	100
ТМГ-100/10-У1(0/0,4)	100	0,4	0,4	У/0n-11	270	2270	4,7	1122	752	1100	525	550	450	335	330	100	131	100
ТМГ-100/10-У1(0/0,4)	100	0,05	0,30	УЧД-11	270	1970	4,5	1122	752	1100	525	550	450	335	330	100	131	100
ТМГ-100/10-У1	100	18	0,4	У/0n-0	270	1970	4,8	1122	752	1240	525	550	450	335	330	100	131	100
ТМГ-100/10-У1	100	18	0,4	У/0n-11	270	2270	4,7	1122	752	1240	525	550	450	335	330	100	131	100
ТМГ-100/10-У1	100	27,5	0,4	У/0n-0	320	1970	5,5	1252	842	1700	1215	550	550	430	330	120	152	101
ТМГ-100/10-У1	100	28	0,4	У/0n-0	320	1970	5,8	1252	842	1700	1215	550	550	430	330	120	152	101
ТМГ-100/10-У1	100	28	0,4	У/0n-11	320	2270	5,8	1252	842	1700	1215	550	550	430	330	120	152	101

Рис. 1. Окно базы данных трансформаторов

1. Выберите трансформатор (нажмите на запись в таблице)		Альтернативный вариант	
Тип трансформатора	TMГ-1000/10-У1	TMГ12-1000/10-У1(ХЛ1)	
Мощность, кВт	1000	1000	
Потери холостого хода (Рх.х.), Вт	1600	1100	
Потери короткого замыкания (Рк.з.), Вт	10800	10500	
2. Введите исходные данные			
Стоимость трансформатора, млн. руб.	111,121	120,217	
Тариф на электроэнергию, руб./кВт ч.		938,52	
Коэффициент загрузки		0,45	
Рассчитать			
3. Результаты расчета			
Годовые потери электроэнергии, кВт-ч	33174,12	28261,95	
Годовая экономия электроэнергии, кВт-ч		4912,17	
Стоимость сэкономленной электроэнергии, млн.руб		4,61	
Срок окупаемости разницы в цене, лет		2,82	

Рис. 2. Фрагмент окна приложения по выбору оптимального варианта из ряда альтернативных

ПРОГРАММА ДЛЯ ПЭВМ ВЫРАВНИВАНИЯ ГРАФИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А. Ю. Гуз

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

Научный руководитель Т. В. Алферова

Первым и впоследствии одним из основных побудительных мотивов и принципов развития электроэнергетики в мире был мотив и принцип, исходящей из необходимости снабжения потребителей любым требуемым количеством энергии в любое время, какое бы они не пожелали. Однако опыт развития электроэнергетики показал, что потребности абонентов в электроэнергии в зависимости от времени суток, дня недели и времени года существенно меняются. При этом, как бытовая и промышленная, так и непромышленная электрические нагрузки существенно изменяются по часам суток, образуя пики в утренние и вечерние часы суток и провалы нагрузок в ночное время. Аналогичная ситуация имеет место на недельных интервалах нагрузок, где нагрузки в рабочие дни выше, чем в выходные, а также на сезонных интервалах, когда нагрузки в зимний сезон существенно выше, чем в летний [1].

Для эффективного покрытия неравномерно распределенной нагрузки энергосистемы вводят в действие электростанции различных типов, которые используются совместно в разнообразных ситуациях, чтобы свести к минимуму как капитальные вложения на сооружение источников электроэнергии, так и текущие издержки, учитывая, что стоимость одного киловатт-часа электроэнергии меняется в зависимости от сезона и времени суток.

Сложность решения проблемы выравнивания графиков нагрузок обуславливает необходимость ее автоматизации.

С целью выравнивания графиков электрических нагрузок промышленных предприятий была разработана программа для ПЭВМ в среде Delphi, практическая реализация которой для Светлогорского управления буровых работ приведена в [2].

Разработанная программа позволяет:

- создать условия оптимального горизонтального маневрирования электрической нагрузкой для промышленных предприятий;
- сократить время выполнения расчетов за счет его автоматизации;
- прогнозировать условия снижения пиковой мощности за счет смещения графика нагрузки цехов и стоимость потребленной электроэнергии с учетом действующих тарифов.

Доработка программы позволила производить расчет удельных потерь мощности в трансформаторе в зависимости от коэффициента загрузки.

Потери мощности в трансформаторе [3]:

$$\Delta P = \Delta P_{XX} - \Delta P_{K3} \cdot k_3^2,$$

где ΔP_{XX} – потери холостого хода; ΔP_{K3} – потери короткого замыкания; k_3 – коэффициент загрузки трансформатора.

Средние удельные потери в трансформаторе:

$$\Delta P_{уд} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\Delta P_{XX} - \Delta P_{K3i} \cdot k_{3i}^2}{P_{ТЕКi}},$$

где n – количество интервалов ($n = 48$ при 30-минутном интервале); i – порядковый номер интервала; ΔP_{XX} – потери холостого хода; ΔP_{K3i} – потери короткого замыкания на i -м интервале времени; $P_{ТЕКi}$ – полезная мощность на i -м интервале времени; k_{3i} – коэффициент загрузки трансформатора на i -м интервале времени.

На рис. 1 представлены зависимости удельных потерь мощности от коэффициента загрузки трансформатора ТМГ-400.

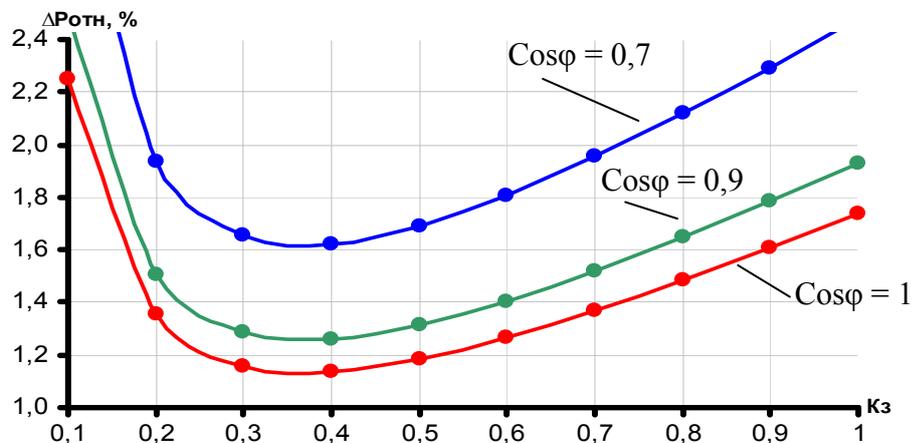


Рис. 1. Зависимость удельных потерь от коэффициента загрузки трансформатора ТМГ-400

На рис. 2 представлена форма для расчета удельных потерь мощности в трансформаторе.

Параметр	Значение	Единица измерения
Кол-во трансформаторов	1	шт.
Мощность трансформатора	400	кВт
dPxx	0,84	кВт
dPкз	6,1	кВт
Cos f	0,9	
Дней в месяце	30	
Результаты расчета:		
Средние удельные потери (до)	0,0151	
Средние удельные потери (после)	0,0146	
Средняя загрузка трансформатора	182,45	кВт
Потери в трансформаторе (до)	3975,43	кВтч / мес
Потери в трансформаторе (после)	3838,21	кВтч / мес
Экономия	0,04	т у.т. / мес

Рис. 2. Форма расчета удельных потерь мощности в трансформаторе

Анализируя рис. 2, следует отметить, что выравнивание графика приведет, помимо уменьшения оплаты за потребленную электроэнергию, к уменьшению потерь с 1,51 до 1,46 %. При более глубоком изучении и изменении структуры потребления электроэнергии на предприятии эффект будет значительно больший.

Л и т е р а т у р а

1. Маляренко, В. А. Неравномерность графика нагрузки энергосистемы и способы ее выравнивания / В. А. Маляренко // Светотехника и электроэнергетика. – 2011. – № 4. – С. 61–66.
2. Алферова, Т. В. Разработка программы по расчету условий оптимального горизонтального маневрирования электрической нагрузкой с целью снижения пиковой мощности в среде Delphi / Т. В. Алферова, В. В. Бахмутская, А. Ю. Гуз // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2013. – № 3. – С. 101–109.
3. Тихомиров, П. М. Расчет трансформаторов : учеб. пособие для вузов / П. М. Тихомиров. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергия, 1976.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ, МАГНИТНЫХ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Т. С. Короленок, В. Н. Галушко, А. В. Дробов

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

Научный руководитель В. С. Могила

Применяемые вентильно-индукторные двигатели (ВИД) на транспортных средствах отличаются высокой надежностью, простотой конструкции, повышенным КПД и массо-габаритными показателями, технологичностью изготовления, более низкой

стоимостью в серийном производстве [1], [2]. С целью повышения надежности и КПД ВИД предлагается использовать математическое моделирование механической, магнитной, электрической систем, выполнять тепловой расчет проектируемых электрических машин, апробируя полученные результаты с исследуемыми характеристиками действующих ВИД.

Основными недостатками ВИД являются:

– повышенный уровень шумов и вибраций, возникающих из-за резонансных явлений частей при частотах первой и высших гармоник тока фаз [1], и ударные колебания частей ВИД из-за разрывов производных токов фаз и производных индуктивностей фаз по углу поворота ротора, если в этот момент токи фаз не равны нулю. Особенно сильно это проявляется, если эти разрывы совпадают по времени [2];

– высокие пульсации момента;

– большие потери мощности в магнитопроводе и обмотках вентильно-индукторных двигателей, которые возникают благодаря наличию токов Фуко, гистерезису и скин-эффекту и особенно сильно проявляются при большом числе полюсов ротора и высоких частотах вращения.

С целью снижения влияния указанных недостатков, а также повышения надежности и КПД ВИД предлагается использовать математическое моделирование механической, магнитной, электрической систем, выполнять тепловой расчет проектируемых электрических машин, апробируя полученные результаты с исследуемыми характеристиками действующих ВИД.

При выполнении проектирования геометрических размеров ВИД были проанализированы существующие методики и предлагаемые алгоритмы расчета. В существующих источниках [1], [2] принятие ряда величин (значений коэффициентов) предлагается на выбор исследователя и характеризуется большим разбросом значений, что приводит к расхождению конечных результатов при абсолютно одинаковых исходных данных. Одним из критериев правильности полученного значения промежуточных величин является сравнение их с накопленной базой данных существующих ВИД. Созданная авторами программа расчета механической системы учитывает нелинейность характеристик, процедуры визуализации, выбора эффективных параметров с помощью программных средств *Mathcad* и *Excel*. Используя возможности указанных программ, реализованы алгоритмы расчета различных целевых задач. Созданы шаблоны для импорта результатов программирования механической системы в другие программные для расчета магнитной и электрической систем (*Femm*, *Multisim*). Реализован поиск наиболее эффективных решений с точки зрения повышения надежности и КПД. В качестве дополнительной возможности исследования реализована процедура расчета вала ВИД на динамические нагрузки.

Процесс моделирования характеристик ВИД, конструкции применяемых материалов, значений напряжения и токов фаз и получения предполагаемых результатов можно представить в виде схемы на рис. 1.

Для каждого из этапов выполнен свой набор готовых шаблонов прототипов в различных программах моделирования, критерии для верификации, методики пошаговой реализации, критерии оптимизации. Все этапы взаимосвязаны и предполагают существующие конструкции и характеристики параметров, а также возможность изменения в зависимости от целей разработки; существующий инструментарий разработки позволяет решать исследовательские и оптимизационные задачи.



Рис. 1. Этапы разработки ВИД

Реализация магнитной системы ВИД выполнялась в программах *ELCUT* и *FEMM*, позволяющих рассчитывать параметры и топологию магнитного поля с учетом насыщения стали магнитопровода. Расчеты распределения магнитного поля всех программ основаны на методе конечных элементов исходных дифференциальных уравнений поля, решаемых итерационным методом Ньютона–Рафсона. Следует отметить возможность автоматизации процедур расчета, визуализации, выбора эффективных параметров с помощью программирования на языке *Femm lua console*.

Исследования характеристик ВИД проводились методом математического моделирования для m -фазного ВИД с независимым управлением фазами при сложном трапециидальном законе изменения токов; симметричной одиночной, парной и несимметричной коммутацией фазных токов (рис. 2).

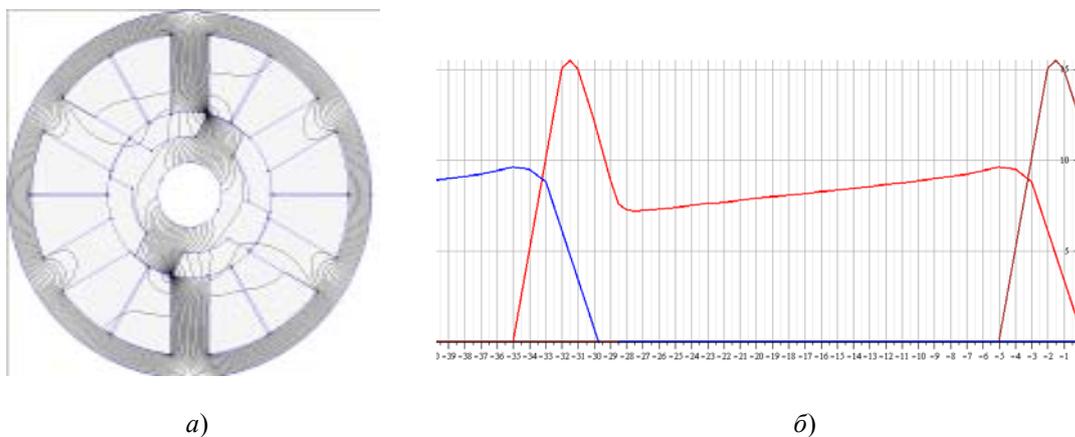


Рис. 2. Пример результатов расчета магнитной системы ВИД (*FEMM* и *Maple*):
 а – картина поля линий магнитной индукции модели; б – график изменения тока в фазе в зависимости от углового положения зубца ротора

Значимость отличий с помощью однофакторного дисперсионного анализа в программах Microsoft Excel и Statistica 6 указывает на то, что различие между средними статистически не значимо. Достигнутая точность моделирования дает возможность широкого практического использования данного способа расчета. Отклонения характеристик объясняются, по-видимому, просчетами физического моделирования, неизбежными ошибками при выборе приближенного характера кривой намагничивания стали магнитопровода и количеством участков разбиения.

Реализация электрической системы выполняется в пакете визуального программирования *Simlink*. Данный способ моделирования позволяет эффективно организовать процесс исследования ВИД, исключив из него этап формирования системы дифференциальных уравнений в виде задачи Коши и написание процедур численного интегрирования. Подходы блочного моделирования позволяют легко изменять структуру ВИД (особенно схемы полупроводниковых преобразователей) без «переписывания» исходной системы дифференциальных уравнений.

В работе авторы выполнили сравнение различных методов расчета с целью их дополнения и объединения в некоторых пунктах. Выполнен аналитический расчет конструкции и характеристик тягового ВИД мощностью 75 кВт (ВИД-75).

В рамках данной работы были проанализированы и дополнены методики расчета геометрических параметров ВИД. Полученные результаты позволяют выполнять расчет и исследовать характеристики индукторной машины при различных ее конфигурациях и числе фаз. Для реализации модели необходима информация об архитектуре двигателя, включающая число фаз, внешний диаметр статора, число полюсов статора и число полюсов ротора. Созданы модели ВИД, позволяющие исследовать его характеристики при любой конфигурации фазных обмоток и коммутации токов в них. Полученная модель учитывает взаимодействие магнитных потоков, сцепленных с фазами машины, и насыщение стали магнитопровода.

Л и т е р а т у р а

1. Кузнецов, В. А. Вентильно-индукторные двигатели / В. А. Кузнецов, В. А. Кузьмичев. – М. : Изд-во МЭИ, 2003. – 70 с.
2. Фисенко, В. Г. Проектирование вентильных индукторных двигателей / В. Г. Фисенко, А. Н. Попов. – М. : Изд-во МЭИ, 2005. – 56 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА НИЗКОЙ СТОРОНЕ ЦЕХОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

О. С. Винокур

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

Научный руководитель А. Г. Ус

Современные тенденции увеличения стоимости топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) подталкивают все страны искать пути экономии их, в республике Беларусь эта проблема одна из приоритетных, так как собственные запасы их невелики. Да и затраты на ТЭР в себестоимости продукции составляют порой значимую часть, что, в свою очередь, определяет соответствующую цену и конкурентоспособность этой продукции.

Многие промышленные предприятия Беларуси строились в 60–80-е гг. XX в., и имели огромные мощности, которые сейчас не используются в полном объеме, в частности, большинство трансформаторов цеховых подстанций имеют низкие коэффициенты загрузки.

Пределы отклонения напряжения на выводах электроприемников от номинального значения регламентируются ГОСТом и составляют 5 %. Каждый электроприемник выпускается предприятием-изготовителем для работы при номинальном напряжении и обеспечивает нормальное функционирование при отклонениях напряжения в пределах, допускаемых ГОСТом. При отклонениях напряжения в допускаемых пределах показатели работы электроприемника не остаются постоянными, существенно изменяется также потребляемая из сети мощность.

Исследования показали, например, что из-за повышения напряжения на зажимах источников света увеличивается потребляемая мощность, что ведет к повышению расхода электроэнергии. Известны выражения, показывающие изменения мощности от напряжения на зажимах ламп накаливания, комплектах «лампа ДРЛ – ПРА». Дальнейшие исследования показали, что увеличение мощности при увеличении напряжения характерно и для других электроприемников в зависимости от их загрузки. Поскольку не отмечалось отрицательного влияния на работу технологического оборудования при регулировании напряжения в пределах, допустимых по ГОСТ, а потребление электроэнергии изменялось в зависимости от типа электроприемников, их загрузки, протяженности питаемых их сетей, целесообразным является определение и поддержание рациональных напряжений цеховых электросетей.

При обследовании головного завода ОАО «ГЗЛиН» выяснилось, что напряжение в цеховых электрических сетях на стороне 0,4 кВ поддерживается на верхнем допустимом по ГОСТу уровне ($U_{ном} + 5\%$), а иногда даже достигает и более высоких значений. Причем эти данные были получены в часы максимальных нагрузок энергосистемы. Устройства ПБВ цеховых трансформаторов находятся в III положении.

В связи с невозможностью проведения длительных исследований на предприятии из-за большой трудоемкости было решено провести оценочный расчет величины нерационального расхода электроэнергии при работе цеховых электроприемников на повышенном напряжении.

Однако в расчете не было учтено, какие приемники запитываются от этой трансформаторной подстанции, так как не все приемники одинаково реагируют на снижение напряжения в сети.

В расчете основываются на данных об электропотреблении за февраль 2014 г. Данные об электропотреблении были получены с помощью системы телемеханики, установленной в ЦСП (ведется учет потребления электроэнергии), а также по показаниям счетчиков активной энергии, установленных в ячейках РП-10 кВ и на стороне 0,4 кВ цеховых ТП и КТП. Зная фонд рабочего времени $T = 309,6$ ч, определялась средняя нагрузка $P_{ср}$:

$$P_{ср} = \frac{W}{T}, \text{ кВт}, \quad (1)$$

где W – электропотребление за месяц, кВт · ч; T – число часов рабочего времени, ч.

Расчетную нагрузку принимаем равной средней нагрузке:

$$P_p = P_{ср}, \text{ кВт}. \quad (2)$$

Далее определяются следующие величины, которые нам нужны в расчете:
Фактический линейный ток:

$$I_{\phi} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_{cp}}, \text{ А}, \quad (3)$$

где U_{cp} – среднее значение напряжения, кВ.

Эквивалентное сопротивление нагрузки (принято постоянным, поскольку с изменением напряжения изменяется несущественно):

$$R_{\text{эк}} = \frac{U_{\phi}}{I_{\phi}}, \text{ Ом}. \quad (4)$$

Суммарный линейный ток при расчетном пониженном напряжении:

$$I_p = \frac{U_p}{R_{\text{эк}}}, \text{ А}. \quad (5)$$

Расчетная мощность при пониженном напряжении:

$$P_{p1} = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot U_p, \text{ кВт}. \quad (6)$$

Приращение мощности при повышении напряжения от расчетной величины:

$$\Delta P = P_p - P_{p1}, \text{ кВт}. \quad (7)$$

Годовая экономия электроэнергии при понижении напряжения до расчетного значения:

$$W = \Delta P \cdot T_{\text{год}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (8)$$

где $T_{\text{год}}$ – число часов работы в году ($T_{\text{год}} = 2050$ ч), ч.

Отметим, что осветительная нагрузка при расчете по этой методике не выделялась, так как отсутствует отдельный приборный учет потребления электроэнергии на освещение.

В качестве примера покажем расчет годовой экономии электроэнергии при снижении напряжения на шинах 0,4 кВ ТП-47 (РП-10). Потребление активной энергии по ТП-47 за месяц составило $W = 122850,0$ кВт · ч.

По формуле определяем величину расчетной нагрузки:

$$P_p = \frac{122850}{309,6} = 396,8 \text{ кВт}. \quad (9)$$

Среднее напряжение секции составило: $U_{cp} = 0,411$ кВ. По формуле определяем фактический линейный ток:

$$I_{\phi} = \frac{396,8}{\sqrt{3} \cdot 0,411} = 557,4 \text{ А}. \quad (10)$$

По формуле определяем эквивалентное сопротивление нагрузки:

$$R_{\text{эк}} = \frac{411}{557,4} = 0,737 \text{ Ом.} \quad (11)$$

Поскольку устройство ПБВ трансформатора находится в III положении, возможно переключение либо во II положение (при этом напряжение на шинах снижается на 2,5 %), либо в I положение (напряжение снижается на 5,0 %). При переключении на 1 ступень регулирования напряжение будет $U_p = 0,401$ кВ; при переключении на 2 ступени напряжение будет $U_p = 0,390$ кВ. В данном случае желательно снижение уровня напряжения на 1 ступень, так как напряжение $U_p = 0,401$ кВ хотя и больше $U_{\text{max доп}} = 0,399$ кВ на 2 В, но необходимо учитывать, что в данном случае снижается напряжение на шинах 0,4 кВ ТП, а у потребителей напряжение будет ниже за счет потери напряжения в сетях. ПБВ трансформатора переводится во II положение. $U_p = 0,401$ кВ.

Из выражения определяем суммарный линейный ток при пониженном напряжении:

$$I_p = \frac{401}{0,737} = 544,1 \text{ А.} \quad (12)$$

Определяем суммарную расчетную мощность при пониженном напряжении из выражения:

$$P_{p1} = \sqrt{3} \cdot 399 \cdot 544,1 \cdot 10^{-3} = 377,2 \text{ кВт} \quad (13)$$

По формуле приращение мощности при повышении напряжения от расчетной величины:

$$\Delta P = 396,8 - 377,2 = 19,6 \text{ кВт.} \quad (14)$$

Годовая экономия электроэнергии при понижении напряжения до расчетного значения по формуле составляет:

$$W = 19,6 \cdot 2050 = 40163,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч.} \quad (15)$$

Проанализировав полученные результаты, сделаем выводы о том, что нахождение рационального напряжения может дать значительную экономию электроэнергии, снижение норм расхода ее на выпускаемую продукцию или выполняемую работу до 15 % и даже выше.

Для практической реализации полученных результатов можно использовать реальные эксперименты для конкретных узлов электрической сети, в результате которых получены конкретные величины рациональных напряжений или специальную программу для ЭВМ, позволяющую по конкретным данным электроприемников и их питающим сетям рассчитать рациональное напряжение.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУМЕРЕЧНОЙ ФОТОМЕТРИИ В РАСЧЕТАХ ОСВЕЩЕНИЯ

А. В. Засименко

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

Научные руководители: Т. В. Алферова, О. А. Полозова

Цель работы – освещение проблем, связанных с оценкой уровня освещенности в условиях сумеречного зрения, и поиск путей их решения.

В процессе реконструкции освещения специалисты столкнулись с интересным фактом: при замене старых источников света на светодиодные или индукционные новая осветительная установка по визуальным ощущениям светит намного ярче, хотя показания люксметра говорят об обратном.

В темноте и при ярком освещении человек видит по-разному. Как видно из рис. 1, при слабом (ночном) свете максимум чувствительности глаза смещен в область коротковолнового (синего) излучения 508 нм, а при ярком освещении функция чувствительности $V(\lambda)$ имеет максимум на длине волны 555 нм, что соответствует зелено-желтому цвету. Это объясняется различной активностью фоторецепторов, из которых состоит сетчатка глаза: палочек и колбочек (рис. 2).

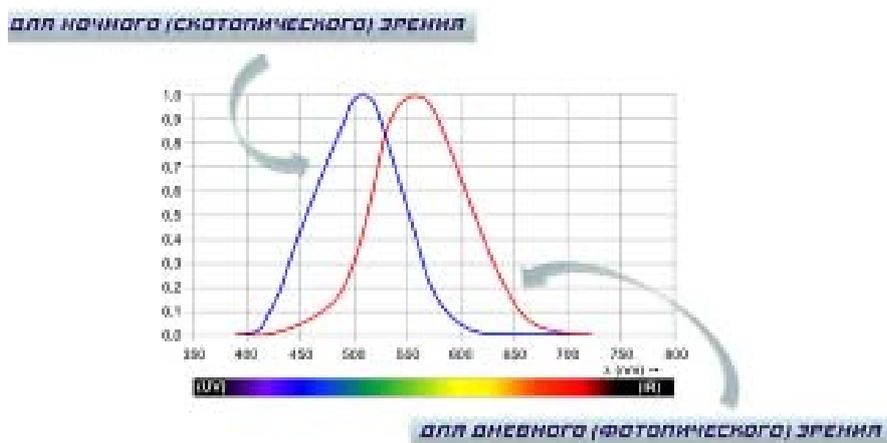


Рис. 1. Спектральные зависимости относительной чувствительности человеческого глаза

При высокой яркости, превышающей 10 кд/м^2 , преимущественно работает колбочковый аппарат, который состоит из трех типов рецепторов, воспринимающих световое излучение только определенных длин волн, соответствующих одному из трех основных цветов: красному, зеленому и синему. Остальные оттенки получают смешиванием этих трех.

Ночное (скотопическое) зрение обеспечивается рецепторами под названием «палочки». Они не позволяют распознавать цвета, однако различают объекты и препятствия при малых уровнях яркости – менее $0,01 \text{ кд/м}^2$.

При уменьшении освещенности происходит уменьшение чувствительности к длинноволновому (красному) свету и увеличение – к коротковолновому (синему).

В промежуточном состоянии, так называемом сумеречном (мезопическом) зрении, участвуют палочки и колбочки, а чувствительность глаза резко меняется в зави-

симости от силы и распределения яркости в поле зрения [1]. Сумеречный диапазон покрывает значения $0,01\text{--}2\text{ кд/м}^2$. Именно такие уровни яркости типичны для уличного освещения в ночное время или в помещениях с аварийным или охранным освещением.

На сегодняшний день все светофильтры люксметров производятся и настраиваются согласно цветовой модели CIE XYZ – эта модель отображает возможности человеческого глаза воспринимать свет в условиях дневного (фотопического) зрения и не учитывает особенности сумеречного зрения.

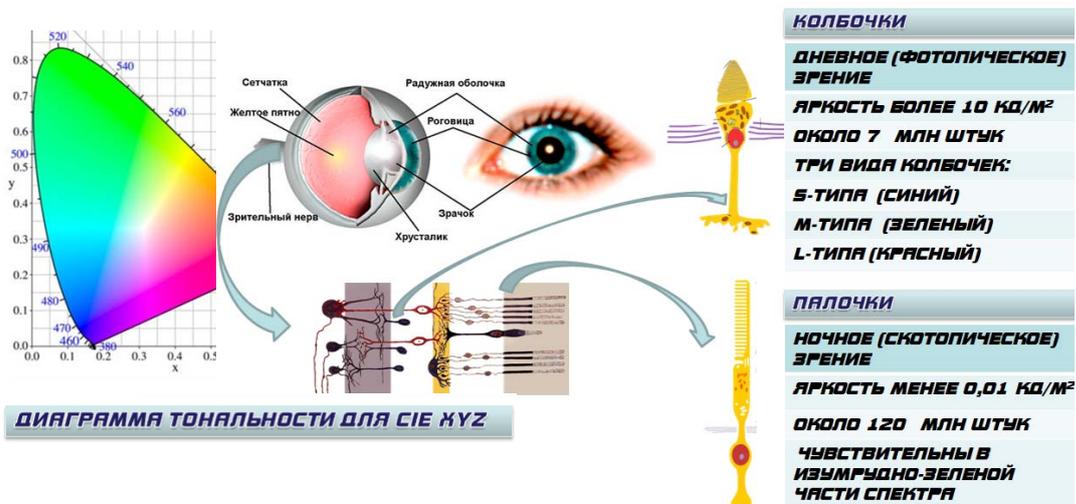


Рис. 2. Механизмы восприятия света зрительной системой человека

Сотрудниками центра Lighting Research Center (LRC) была разработана универсальная фотометрическая система (УФС), учитывающая особенности зрительного восприятия человека в условиях мезопического зрения [2].

Данная методика вводит коэффициент S/P (scotopic/photopic ratio), который представляет собой отношение светового потока источника света, определенного в условиях ночного зрения $V(\lambda)$, к световому потоку этого же источника света, определенному в условиях дневного зрения $V(\lambda)$.

Использование коэффициента S/P в расчетах освещения позволяет оценить энергоэффективность и световую отдачу того или иного источника света в условиях мезопического зрения. Чем выше отношение S/P , тем выше и визуально-эффективный световой поток источника света, который следует использовать при проектировании, осуществляемом применительно к условиям сумеречного зрения.

Значения коэффициента S/P , соответствующие распространенным типам ламп, представлены на рис. 3. Высоким значением S/P характеризуются современные источники света: индукционные ($S/P = 1,46\text{--}2,25$) и светодиодные лампы ($S/P = 1,8\text{--}2,5$). В то время как НЛВД, которые характеризуются высоким показателем светоотдачи, имеют $S/P = 0,6$, то это дает основание ставить под сомнение их энергоэффективность в условиях сумеречного зрения.

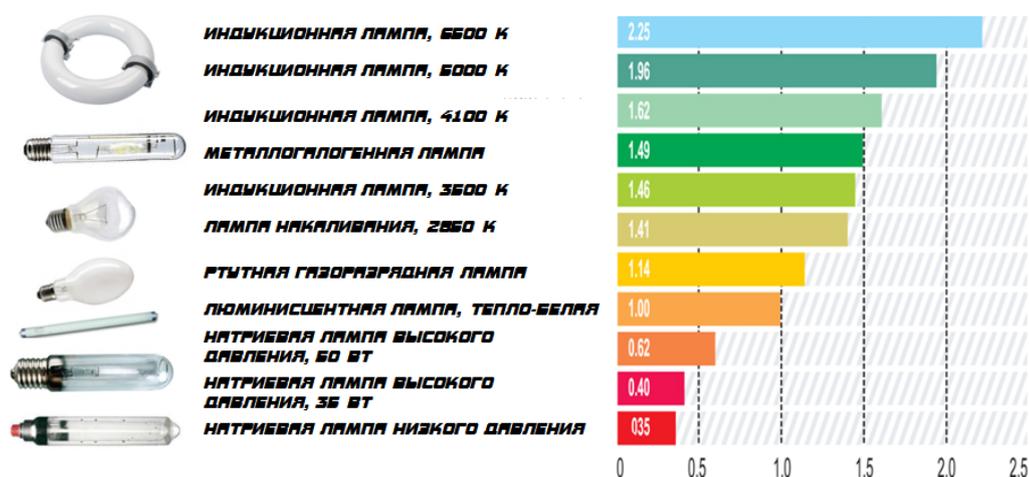


Рис. 3. Коэффициент S/P для различных типов ламп

Необходимо отметить, что приведенные значения S/P следует рассматривать как номинальные, так как отношение S/P не остается постоянным даже в пределах одной группы ламп и зависит от типа лампы, ее мощности и цветовой температуры.

Использование УФС вместо основанной на $V(\lambda)$ фотометрии может привести к существенному изменению измеряемой яркости. Расхождения между значениями яркости, рассчитанными с использованием предлагаемой универсальной фотометрической системы и ее значениями в условиях дневного зрения, приведены в таблице.

Расхождения между значениями яркости, полученными при мезопическом и фотопическом зрении

	S/P	ФОТОПИЧЕСКАЯ ЯРКОСТЬ, КД/М ²									
		0,01	0,03	0,1	0,3	0,5	1	1,5	2	3	5
НАТРИЕВАЯ ЛАМПА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ	0,25	-75%	-52%	-29%	-18%	-14%	-9%	-6%	-5%	-2%	0%
	0,45	-55%	-34%	-21%	-13%	-10%	-6%	-4%	-3%	-2%	0%
	0,65	-31%	-20%	-13%	-8%	-6%	-4%	-3%	-2%	-1%	0%
НАТРИЕВАЯ ЛАМПА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ	0,85	-12%	-8%	-5%	-3%	-3%	-2%	-1%	-1%	0%	0%
	1,05	4%	3%	2%	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%
	1,25	18%	13%	8%	5%	4%	3%	2%	1%	1%	0%
МЕТАЛЛОГАЛОГЕННАЯ ЛАМПА, «ТЕПЛЫЙ» СВЕТ	1,45	32%	22%	15%	9%	7%	5%	3%	3%	1%	0%
	1,65	45%	32%	21%	13%	10%	7%	5%	4%	2%	0%
	1,85	57%	40%	27%	17%	13%	9%	6%	5%	3%	0%
СВЕТОДИОДНАЯ ЛАМПА, «ХОЛОДНЫЙ БЕЛЫЙ» СВЕТ	2,05	69%	49%	32%	21%	16%	11%	8%	6%	3%	0%
	2,25	80%	57%	38%	24%	19%	12%	9%	7%	4%	0%
МЕТАЛЛОГАЛОГЕННАЯ ЛАМПА, «ДНЕВНОЙ» СВЕТ	2,45	91%	65%	43%	28%	22%	14%	10%	8%	4%	0%
	2,65	101%	73%	49%	31%	24%	16%	12%	9%	5%	0%

Как следует из приведенных в таблице данных, яркости, создаваемые лампами с относительно большим излучением в коротковолновой части спектра ($S/P > 1$), при их измерении с использованием УФС возрастут, а создаваемые лампами с относительно большим излучением в длинноволновой области спектра ($S/P < 1$) – уменьшатся.

Возможность применения УФС возрастает по мере уменьшения уровня яркости.

Например, при равной 1 кд · м⁻² яркости в условиях дневного зрения использование рекомендуемой системы приведет к тому, что для ламп с лежащими в интер-

вале 0,5–2,5 значениями S/P величина яркости изменится на от –5 до +15 %, а при 0,1 кд · м⁻² это изменение составит от –29 до +49 %.

Область применения универсальной фотометрической системы включает в себя:

- наружное освещение;
- освещение дорог и улиц;
- освещение больших пространств;
- складские помещения;
- водный и воздушный транспорт;
- аварийное освещение;
- освещение для обеспечения безопасности.

Внедрение сумеречной фотометрии окажет в будущем влияние на проектирование наружного освещения. Использование УФС позволяет:

- по-новому взглянуть на измерение яркости в условиях сумеречного зрения;
- способствует разработке светотехнических изделий, оптимизированных применительно к условиям мезопического зрения;
- увеличивает зрительную и энергетическую эффективность установок наружного освещения.

Л и т е р а т у р а

1. Современная светотехника. – 2010. – № 4 (05). – С. 62–66.
2. Mesopic Street Lighting Demonstration and Evaluation Final Report. – Режим доступа: www.lightingresearch.org/researchAreas/pdf/GrotonFinalReport.pdf.2.

ТЕПЛОУТИЛИЗАЦИОННАЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА С ПЕНТАНОВЫМ ЦИКЛОМ

А. Ю. Странковский

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

Научный руководитель А. В. Овсянник

В последние годы все больший интерес проявляется к бинарным парогазовым установкам, где в качестве рабочего тела паросилового цикла используются низкокипящие рабочие тела (НРТ). Технологии, лежащие в их основе, позволяют утилизировать «бросовое» низкопотенциальное тепло теплоэнергетики, металлургии, химических и нефтеперерабатывающих производств. Это приведет нас к эффективному использованию энергоресурсов – энергосбережению. Именно это направление развития энергетики определено как приоритетное в «Стратегии развития энергетики до 2020 г.».

В настоящее время все большее распространение получают электрические станции, использующие тепло с температурой 90...300 °С как источник энергии. Рабочими телами таких станций являются НРТ, которые имеют низкие температуры кипения при атмосферном давлении. Их особенности влияют на теплоэнергетические и массогабаритные характеристики оборудования станций.

В качестве НРТ применяют фреоны, водный раствор аммиака, пентан, изопентан, бутан, изобутан и др.

При выборе НРТ необходимо учитывать ряд предъявляемых к ним требований:

- дешевизна;
- хорошие теплофизические свойства;
- нетоксичность;

– отсутствие экологического воздействия на окружающую среду (озоновый слой, парниковый эффект);

– замерзание при достаточно низких отрицательных температурах, что важно для климатических условий северных регионов.

Первый в мире опытный образец энергоблока на НРТ был введен в эксплуатацию в составе Паратунской ГеоТЭС в 1967 г. В качестве рабочего тела был использован фреон-12. Установленная электрическая мощность энергоблока составляла 750 кВт.

Если в цикле в качестве рабочего тела используется не пар, как в традиционной паротурбинной технологии, а НРТ – низкокипящие рабочие тела, представляющие собой органические или синтетические вещества с низкой температурой кипения, то такая установка будет работать по органическому циклу Ренкина (Organic Rankine Cycle). ORC (или ОЦР)-технология – это применение подобных систем для получения электроэнергии из различных источников тепла.

Одним из распространенных НРТ является органическая жидкость пентан C_5H_{12} (отсюда и название – «пентановая технология», хотя оно условно). До температуры $+36\text{ }^\circ\text{C}$ (при атмосферном давлении) пентан находится в жидком состоянии, а после $+36\text{ }^\circ\text{C}$ переходит в газообразное состояние. Примерами других низкокипящих рабочих тел могут быть углеводороды (бутан, пропан), хладоны (R_{11} , R_{12} , R_{114} , R_{123} , R_{245+a}), аммиак, толуол, дифенил, силиконовое масло, а также CO_2 при высоком давлении, или новое синтетическое вещество «Noves 649», разработка компании «ЗМ», известной по брэнду «Скоч» и др. Последнее, в отличие от пентана, является негорючим, инертным, неэлектропроводным и экологичным.

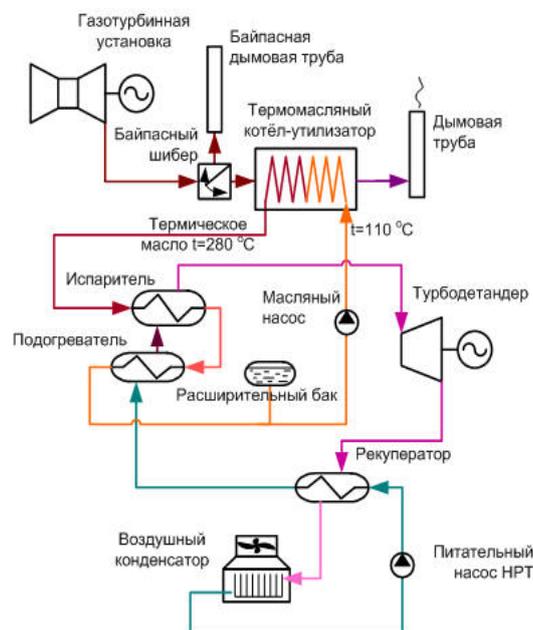


Рис. 1. Типовая схема утилизационной энергетической установки с пентановым контуром

Типовая схема электростанции (системы утилизации тепла) на основе энергетической установки с пентановым контуром представлена на рис. 1. Основные ее части – это термомасляный утилизационный котел, турбодетандер с электрогенератором и различные теплообменные блоки (испаритель, подогреватель, рекуператор и воздушный конденсатор).

Выхлопные газы от ГТУ через переключающий шибер (дивертор) поступают в термомасляный котел. Переключающий шибер позволяет не останавливать работу газовой турбины в случае необходимости прекращения работы системы утилизации. В первичном контуре системы применяется термическое масло. Это вызвано тем, что большинство НРТ – горючие вещества, а температура выхлопных газов у современных ГТУ достигает 500 °С. Термомасло более устойчиво к высоким температурам. Температура термического масла на входе в утилизационный котел – в пределах 90÷130 °С, на выходе – 280÷310 °С.

Нагретое масло передает тепло НРТ в подогревателе и испарителе. Здесь происходит процесс парообразования – из жидкого состояния органическая жидкость переходит в газообразное, и по трубопроводу направляется в турбодетандер.

Расширяющийся газ в турбодетандере вращает генератор со скоростью 1500 об/мин, который вырабатывает электроэнергию. Отработавшее после турбины НРТ поступает в рекуператор и далее – в воздушный конденсатор. После конденсатора оно насосами направляется в пароперегреватель, где подогревается до 220÷250 °С и затем снова направляется в турбину.

Макет энергетического комплекса с использованием турбогенераторной установки с пентановым циклом представлен на рис. 2.



Рис. 2. Макет энергетического комплекса с использованием турбогенераторной установки с пентановым циклом

Сравнение электростанций, работающих на паровом и органическом цикле Ренкина. Кроме основного оборудования, парового котла и паровой турбины в составе системы утилизации тепла на базе паротурбинной технологии много вспомогательного оборудования: охлаждающие устройства (градирни) для паровой турбины, деаэраторы, система водоподготовки, питательные, конденсатные и циркуляционные насосы. Все это связано многочисленными трубопроводами: питательными, паропроводами, циркуляционными, конденсационными, химически очищенной, сырой воды, технической воды. На всех этих трубопроводах установлено огромное количество регулирующей и запорной арматуры, как ручной, так и с электроприводом.

Чтобы подготовить к пуску основное оборудование, прогреть паропроводы, требуется большое количество специалистов, так как все ручные задвижки, вентили, воздушники необходимо открыть, а после прогрева – закрыть. Подготовка к пуску

занимает несколько часов. Все это усложняет систему управления и обслуживание паротурбинной электростанции.

Большую опасность для работы представляет погода с отрицательной температурой, особенно для градирен. Кроме того, для охлаждения конденсатора требуется большое количество технической воды.

Преимущества пентановой электростанции перед паротурбинной в следующем:

- не требуется вода для технологии, вместо нее применяются незамерзающие жидкости: пентан, термическое масло;
- отсутствует сложное паротурбинное оборудование (паровые котлы, турбины, ХВО, деаэраторы и т. д.);
- отсутствует главный корпус, так как все оборудование устанавливается на открытом воздухе;
- не требуется оперативный персонал, так как электростанция работает в автоматическом режиме;
- все системы работают надежно до температуры наружного воздуха $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ КОМПЛЕКСА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И ОБРАБОТКА ОПЫТНЫХ ДАННЫХ НА ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ «ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ. ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ С МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ»

С. В. Воробьев

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

Научный руководитель М. Н. Новиков

Целью исследования является изучение режимов работы отопительной системы теплоснабжения и повышение ее эффективности для разработки методики проведения комплекса лабораторных работ.

Предметом исследования является лабораторный стенд «Энергосберегающие технологии. Теплоснабжение с микропроцессорной системой обработки данных», основным элементом которого является электрический котел ЕКСО.Л1 (рис. 1) с паспортными данными: 380 В; 6 кВт; $t_{\max} = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$; $P_{\text{доп}} = 0,3\text{ МПа}$.

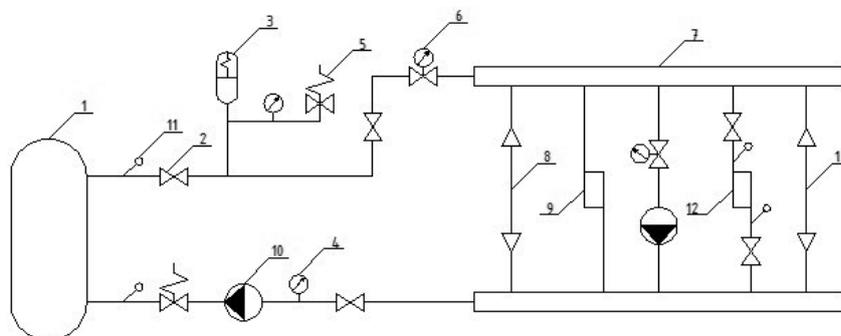


Рис. 1. Принципиальная схема лабораторной установки:

- 1 – электрический котел; 2 – кран шаровой; 3 – расширительный бак; 4 – манометр;
5 – сбросной клапан; 6 – расходомер ультразвуковой; 7 – распределительная гребенка;
8 – змеевик неизолированный; 9 – радиатор стальной; 10 – насос циркуляционный;
11 – датчик температуры; 12 – радиатор алюминиевый; 13 – змеевик изолированный

Лабораторная работа № 1. Изучение устройства и основных характеристик устройств системы отопления

Данная работа позволяет: 1) снять показания расходомера при различных скоростях циркуляционного насоса с изучением работы запорно-регулирующей арматуры; 2) снять циклограмму котла (включение-отключение нагревательных элементов). Были разработаны методики проведения соответствующих измерений, которые позволили получить следующие результаты, представленные на рис. 2, 3.

Разработанная методика проведения лабораторной работы позволяет изучить принцип работы основных элементов тепловой сети: котел, циркуляционный насос, распределительная гребенка, и ознакомиться с принципом действия приборов измерения параметров теплоносителя: датчики учета температуры, манометры, ультразвуковой расходомер.

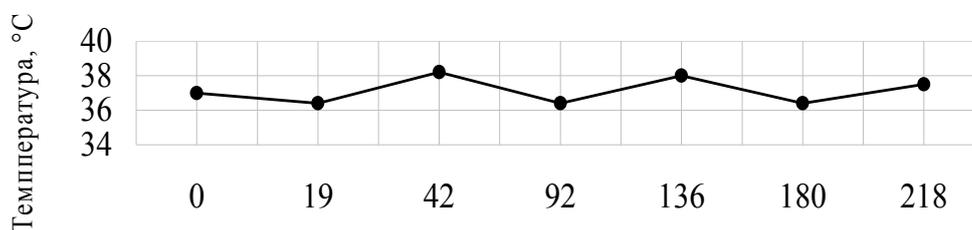


Рис. 2. Циклограмма котла

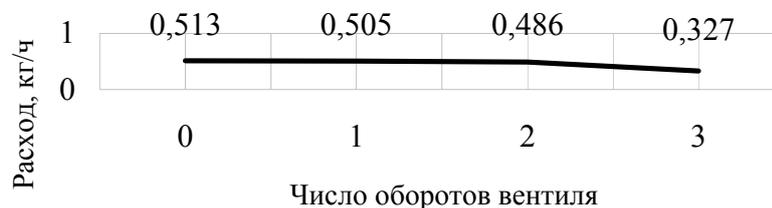


Рис. 3. Зависимости изменения диаметра потока теплоносителя и его расхода

Лабораторная работа № 2. Определение потерь тепловой энергии при ее транспортировании

Данная работа позволяет оценить потери тепловой энергии изолированного и неизолированного трубопровода:

$$\Delta Q = FK(t - t_0), \text{ Вт},$$

где F – площадь поверхности теплообмена, м^2 ; K – коэффициент теплоотдачи, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$; t – температура теплоносителя, $^\circ\text{C}$; t_0 – температура окружающей среды, $^\circ\text{C}$.

Коэффициент эффективности использования изоляции:

$$\eta = \frac{Q_n - Q_{\text{и}}}{Q_n} 100 \%,$$

где Q_n – потери тепла неизолированного трубопровода; $Q_{и}$ – потери тепла изолированного трубопровода.

Разработанная методика проведения лабораторной работы позволяет изучить систему передачи тепловой энергии при различных скоростях теплоносителя, а также произвести учет потерь теплоты на участке неизолированного и изолированного трубопровода и рассчитать коэффициент эффективности применения тепловой изоляции, который составил 23 %.

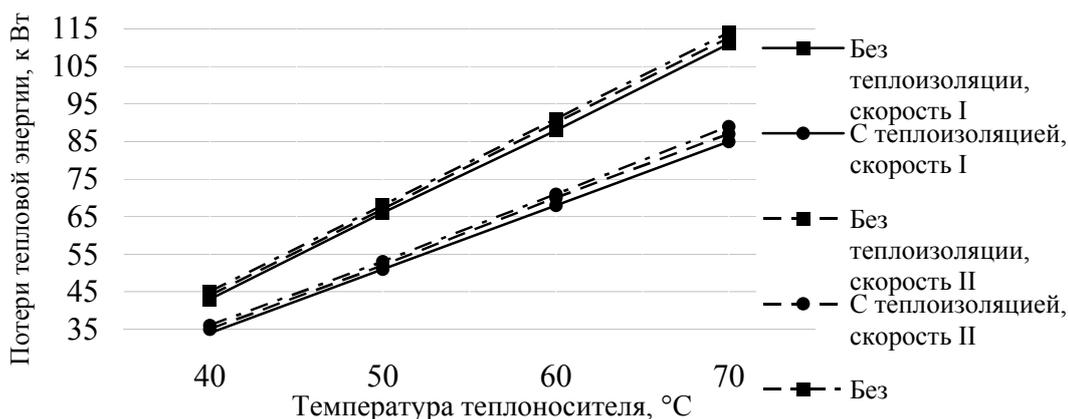


Рис. 4. Потери тепловой энергии в трубопроводе

Лабораторная работа № 3. Определение теплоотдачи отопительных приборов

Данная работа позволяет оценить теплоотдачу стального и алюминиевого радиатора и сравнить эффективность их использования при различных параметрах теплоносителя и работы системы теплоснабжения.

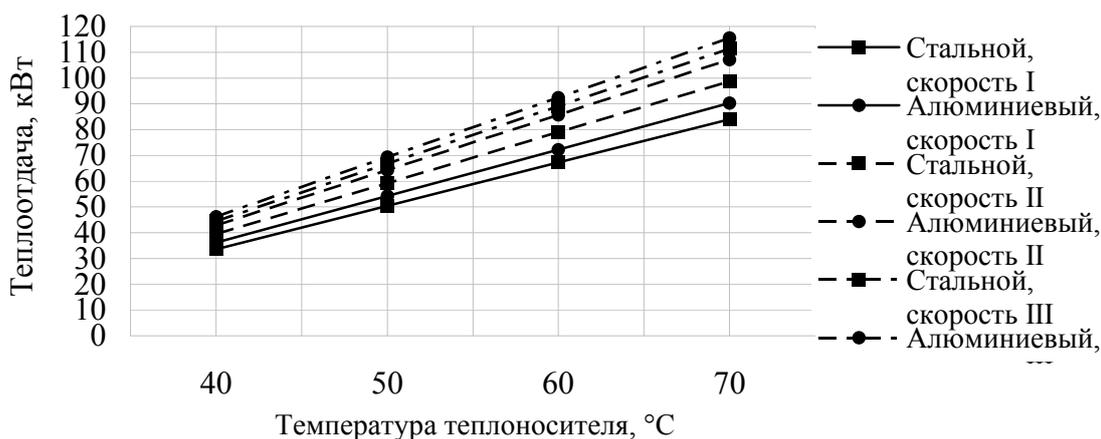


Рис. 5. Теплоотдача отопительных приборов

Разработанная методика проведения лабораторной работы позволяет изучить некоторые приборы отопления: стальной и алюминиевый радиаторы. Получить следующие зависимости: при увеличении температуры теплоносителя увеличивается теплоотдача отопительных приборов (прямая зависимость); при увеличении скорости насоса увеличивается теплоотдача отопительных приборов (прямая зависимость).

Лабораторная работа № 4. Экспериментальное исследование эффективности работы электрического теплового котла

Данная работа позволяет оценить эффективность использования электрического котла в различных режимах работы системы отопления.

В ходе лабораторной работы определяем: затраченную электроэнергию в конце нагрева – 134,4 Вт ч; расход тепла в конце нагрева – 165 кДж.

Рассчитали эффективность работы электрического котла:

$$\eta = \frac{165 - 134,4}{165} 100 \% = 18,55 \%$$

Параметры работы электрического теплового котла представлены в таблице.

Параметры работы электрического теплового котла

Нагрузка	$T, ^\circ\text{C}$	$W, \text{кВт}$	$Q, \text{кДж}$	$\eta, \%$
Стальной радиатор	40	134,4	165	18,55
	60	196,8	279	29,46
Стальной и алюминиевый радиаторы	40	124,1	331	62,51
	60	213,4	572	62,69

Разработанная методика проведения лабораторной работы позволяет изучить принцип работы электрического котла в автономной системе теплоснабжения и получить зависимость: при увеличении тепловой нагрузки электрического котла увеличивается эффективность его работы.

Разработанные методики проведения комплекса лабораторных работ позволяют более полно понимать структуру и принцип работы системы отопления. Дают возможность применять студентам свои знания и практические навыки на производстве для повышения эффективности работы отопительной системы теплоснабжения.

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД И МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ОПЫТНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Т. Н. Никулина

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

Научный руководитель А. В. Овсянник

При проектировании изделий, предназначенных для нагрева или охлаждения воздуха, выполняют теплотехнический расчет теплообменных аппаратов.

Наиболее трудной задачей является определение коэффициентов теплоотдачи к воздуху от стенки аппарата и от второй, участвующей в теплообмене среды, к той же стенке. Известно, что аналитическое решение теплоотдачи твердому телу для практических задач пока не найдено, поскольку не удастся получить уравнения для распределения скоростей и температур в среде, омывающей твердое тело. Значительная часть сведений о процессах переноса теплоты получена экспериментально, а инженерные расчеты теплоотдачи в основном построены на экспериментальных сведениях. Аэродинамическое и гидравлическое сопротивление протекающих через теплообменник сред также рассчитывают по данным экспериментальных исследований.

Для получения требуемых при расчете зависимостей испытывают серию теплообменников в номинальных условиях. Применительно к трубчато-пластинчатым теплообменникам серию представляют аппараты с трубками одного диаметра и пластинами одной конфигурации, испытываемые на одном и том же тепло- или хладоносителе. На основании полученных данных разрабатывают таблицы, диаграммы, графики и тому подобное для характеристик теплообменников при иных условиях работы: начальных температурах сред, скоростях тепло- или хладоносителя, давлении пара, концентрациях растворов. Как правило, диапазон представленных условий соответствует применяемому на практике. При этом точность таблиц и диаграмм обеспечивается тем, что диапазон скоростей воздуха и шагов ребер должны соответствовать исследованным при испытаниях. Преимущество экспериментального метода получения данных о теплопередаче и потерях давления сред в том, что можно получить эту информацию, не имея полного представления о механизмах протекающих процессов, и затем уверенно ею пользоваться.

Однако результаты испытаний можно применять только к теплообменникам с такими же конструктивными элементами, что у испытанной серии. Испытания, их обработка, изготовление аппаратов для испытаний и самого испытательного оборудования трудоемки, дороги и требуют значительного времени.

Систематизация и анализ данных испытаний способствуют разработке аналитических и численных методов и разработке в дальнейшем на их основе более эффективных теплообменников: с более высокими коэффициентами теплоотдачи и сниженными потерями давления сред. А пока только эксперименты и эмпирические зависимости показывают, является ли теплообменный аппарат новой конструкции эффективнее предыдущих, и не указывают, что следует сделать, чтобы увеличить его эффективность.

Стенд предлагается использовать для проведения квалификационных, приемочных, периодических испытаний теплообменников, проведения исследований влияния различных технологий изготовления теплообменника и материалов на теплотехнические свойства изделий.

Состав стенда включает в себя: аэродинамическую установку; водяной контур; воздушный контур; контур хладагента (холодильная машина).

Испытательный стенд (рис. 1) состоит из двух блоков, каждый блок разделен перегородкой. Блок 1 предназначен для испытания водяных воздухоохлаждателей и воздухонагревателей, блок 2 предназначен для испытания испарителей и конденсаторов.

Принцип действия установки следующий: воздух забирается с улицы и вентиляторами нагнетается в систему обработки воздуха, состоящую из электронагревателя, воздушного фильтра, увлажнителя. Расход воздуха регулируется заслонками. Далее, подготовленный воздух поступает в блок 1 или блок 2, где происходит испытание выбранного теплообменного оборудования (обеспечивается наличием байпаса в каждой камере).

Схема водяного контура для воздухонагревателя (рис. 2) работает следующим образом: вода из бака холодной воды через фильтр направляется в бойлер, где подогревается до заданной температуры и насосом нагнетается в трубное пространство воздухонагревателя. Проходя через нагреватель, вода передает тепло воздуху и охлаждается. Температуры воды на входе и выходе из воздухонагревателя измеряются датчиками температуры, также с помощью дифманометра измеряется перепад давлений на воздухонагревателе. Охлажденная вода поступает в расширительный бак, затем направляется в бак холодной воды, при этом предварительно измеряется расход

воды с помощью электромагнитного расходомера. Измеренные параметры передаются на ПК, где осуществляется их обработка. Схема водяного контура для воздухоохладителя незначительно отличается от рассмотренной выше схемы водяного контура для воздухонагревателя. Однако если воздух в теплообменнике охлаждается ниже точки росы, процесс сопровождается выпадением конденсата. Для измерения выпадающего конденсата установлены электронные весы с классом точности 0,1.

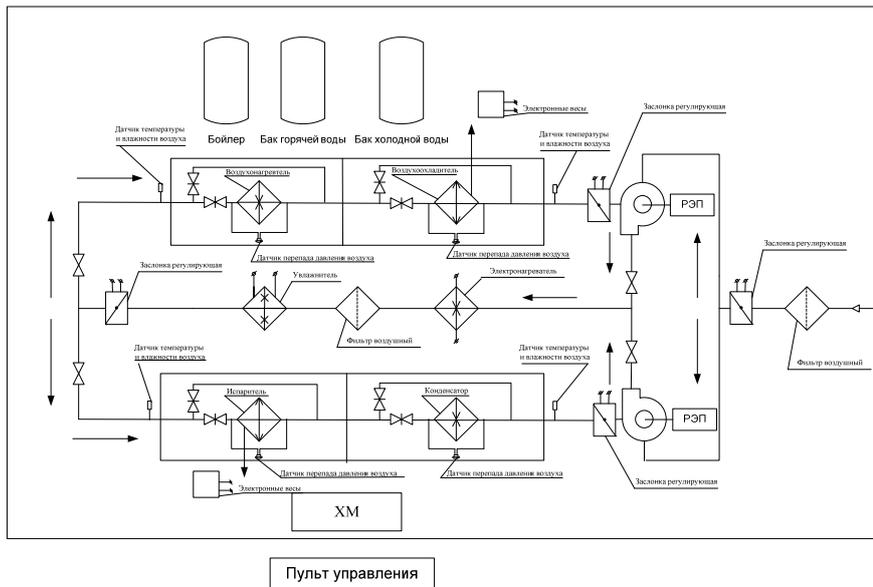


Рис. 1. Принципиальная схема испытательного стенда

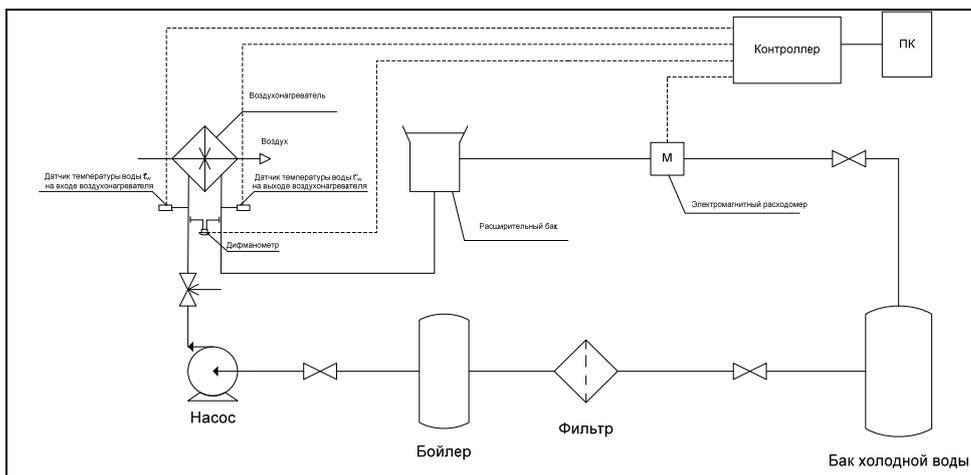


Рис. 2. Схема водяного контура (воздуонагреватель)

Конструкция испытательного стенда обеспечивает измерение и регистрацию следующих параметров:

- расход, температура и относительная влажность воздуха на входе и выходе испытываемого агрегата, а также в помещении стенда;
- перепад давления воздуха между входом и выходом испытываемого агрегата;

– масса собранного конденсата;
 – давление кипения и конденсации, температуры перегрева и переохлаждения фреона.

Для обеспечения точности измерений было выбрано соответствующее оборудование с классом точности не ниже 0,5 (см. таблицу). Все датчики и приборы имеют последовательный интерфейс типа RS-485, что позволяет использовать промышленный контроллер для подключения устройств и передачи данных для дальнейшей их обработки на ПК.

Перечень оборудования для испытательного стенда

Измеряемый параметр	Прибор
Перепад давлений	Датчик-реле избыточного давления или разности давлений для промышленности и лабораторных исследований
Расход воды	Электромагнитный расходомер СИМАГ 11
Расход воздуха	Расходомер Ирвис-К-300
Температура и влажность воздуха	Электронный цифровой термометр-психрометр
Температура	Интеллектуальный термометр термопары ZET7020 TermoTC-485
Избыточное и вакуумметрическое давление	Прецизионный цифровой манометр ДМ5002
Давление	Манометр цифровой МЦ-1,6
Масса конденсата	Электронные весы ViBRA CJ-820ER
Напряжение	Вольтметр ЦВ2101
Мощность тока	Ваттметр СР3010/2-232,485

Таким образом, испытательный стенд позволяет проводить теплотехнические испытания теплообменного оборудования, а программное обеспечение ведет регистрацию параметров с занесением измеренных и рассчитанных параметров в файл протокола измерений и отображает в процессе измерений график измеряемых величин в реальном времени.

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ОСЕСИММЕТРИЧНОГО ПРОВОДЯЩЕГО ТЕЛА, РАСПОЛОЖЕННОГО НАД ПОВЕРХНОСТЬЮ ЗЕМЛИ, МЕТОДОМ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ

А. А. Макеев, И. Г. Кирилюк

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

Научный руководитель Д. В. Комнатный

Для конструирования таких широко используемых электротехнических изделий, как кабели системы электропередачи и оборудование распределительных устройств требуется выполнять расчеты электростатических полей в этих технических средствах.

Сложная конфигурация электродинамических систем, соответствующих указанным изделиям, приводит к необходимости применять численные методы для анализа электростатического поля в этих системах. Такие методы отличаются достаточно сложным математическим аппаратом, который затрудняет их практическое использование.

Известно, что в методе формул Максвелла применяются несложные математические соотношения для проводников простых геометрических форм. Чтобы распространить применение этого метода на проводящие тела сложной формы, в работах Д. М. Величовича (Сербия) предложен метод эквивалентных электродов, а в монографии К. А. Бочкова и Д. В. Комнатного он обобщен для решения различных задач электромагнитной совместимости электронного оборудования. Возможность применения метода эквивалентных электродов для расчета характеристик электростатического поля в конструкциях энергетических устройств не была рассмотрена. Этому вопросу и посвящен настоящий доклад.

В конструкциях энергетического оборудования зачастую используются детали, имеющие форму осесимметричных тел вращения. Это оборудование размещается над поверхностью земли, наличием которого пренебрегать нельзя. Поэтому в данной работе ставится задача о расчете электростатического поля заряженного проводящего осесимметричного тела, находящегося над бесконечной проводящей плоскостью, потенциал которой принят равным нулю. Тело заряжено до некоторого потенциала.

Для решения задачи поверхность тела разделяется на граничные элементы (ГЭ) в виде кольцевых поясов. При достаточно малой высоте пояса его можно считать цилиндрическим. Предполагается, что потенциал электростатического поля ГЭ приближенно соответствует потенциалу поля тора, центр которого совпадает с центром ГЭ. Площадь поверхности тора равна площади поверхности ГЭ, полный электрический заряд тора равен полному заряду ГЭ. Этот тор и является эквивалентным электродом. Из условия равенства поверхностей ГЭ и эквивалентного электрода следует формула для радиуса поверхности тора:

$$r_{oi} = \frac{\Delta h}{2\pi},$$

где r_{oi} – радиус поверхности тора, м; Δh – высота ГЭ, м.

Тогда заряды эквивалентных электродов могут быть определены путем решения системы линейных алгебраических уравнений, основанных на первой группе формул Максвелла. Потенциальные коэффициенты для системы осесимметричных торов определяются по следующим формулам:

$$\alpha_{ii} = \frac{1}{4\pi^2 \varepsilon R_{oi}} \left[\frac{1}{1 + \frac{r_{oi}}{2R_{oi}}} \ln \frac{8r}{r_{oi}} \left(1 + \frac{r_{oi}}{2R_{oi}} \right) - \frac{\pi R_{oi}}{2h_{oi}} \right];$$

$$\alpha_{ij} = \frac{1}{2\pi^2 \varepsilon} \left[\frac{K(k_1)}{(h_{oi} - h_{oj})^2 + (R_{oi} + R_{oj})^2} - \frac{K(k_2)}{(h_{oi} + h_{oj})^2 + (R_{oi} - R_{oj})^2} \right];$$

$$K(k) = \int_0^{\pi/2} \frac{d\beta}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \beta}};$$

$$k_1 = \sqrt{\frac{4r_{oi}R_{oj}}{(h_{oi} - h_{oj})^2 + (R_{oi} + R_{oj})^2}};$$

$$k_2 = \sqrt{\frac{4r_{oi}R_{oj}}{(h_{oi} + h_{oj})^2 + (R_{oi} + R_{oj})^2}},$$

где R_{oi}, R_{oj} – радиусы образующих окружностей торов i и j , м; r_{oi}, r_{oj} – радиусы поверхности торов i и j , м; h_{oi}, h_{oj} – высота центров торов i и j над поверхностью земли, м; ε – абсолютная диэлектрическая проницаемость сферы, Ф/м; α – угловая переменная; k_1, k_2 – модули эллиптических интегралов.

Для проверки метода был осуществлен расчет распределения полного электрического заряда по системе эквивалентных электродов, расположенных на поверхности сферического сегмента над проводящей плоскостью нулевого потенциала. Эти задачи являются обобщением задачи о поле равномерно заряженного сферического сегмента из книги известных исследователей Г. Джеффриса и Б. Свирлса. Радиус сегмента R был принят равным 0,5 м; высота нижней точки сегмента над землей h была принята равной 2 м; геометрическая конфигурация задачи показана на рис. 1.

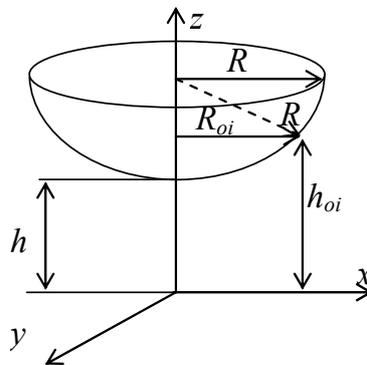


Рис. 1. Геометрическая конфигурация модели

Проверка результатов решения задачи осуществлялась путем расчета потенциала электростатического поля, созданного системой эквивалентных электродов, в наиболее близкой к земле точке сегмента. Так как эта точка лежит на оси торов, то потенциал в ней может быть вычислен по следующей формуле.

$$\varphi = \frac{q_i}{4\pi\varepsilon} \left(\frac{1}{\sqrt{R_{oi}^2 + (h_{oi} - H)^2}} - \frac{1}{\sqrt{R_{oi}^2 + (h_{oi} + H)^2}} \right),$$

где q_i – полный заряд эквивалентного электрода, Кл; H – высота точки, м.

На рис. 2 приведен график зависимости потенциала в контрольной точке от числа эквивалентных электродов. Из графика видно, что с ростом числа эквивалентных электродов потенциал в контрольной точке монотонно приближается к заданному, и при двухстах электродах погрешность расчета составила 3,9 %. Эта погрешность является допустимой для практики. Следовательно, метод эквивалентных электродов может использоваться для расчетов электростатического поля осесимметричных тел.

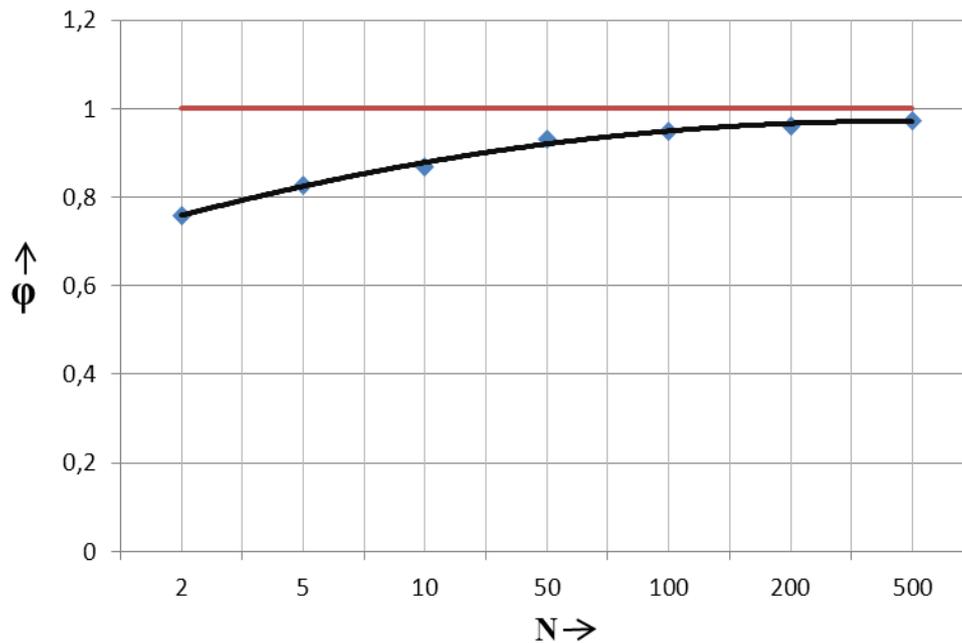


Рис. 2. График зависимости потенциала в контрольной точке от числа эквивалентных электродов

Сравнение метода эквивалентных электродов с методом граничных элементов для осесимметричных задач описано в монографии К. А. Бочкова и Д. В. Комнатного. В методе граничных элементов при вычислении влияния заряда граничного элемента i на потенциал граничного элемента j предполагается, что поле граничного элемента соответствует полю равномерно заряженной окружности. При вычислении связи потенциала и заряда элемента i используется представление граничного элемента в виде тора. В методе эквивалентных электродов сразу предлагается, что характеристики электростатического поля эквивалентного электрода в виде тора и ГЭ совпадают. Таким образом, видно, что метод эквивалентных электродов является частным случаем метода граничных элементов. Он вводится с целью упрощения формирования расчетных уравнений для технических задач, где присутствует плоскость земли.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВКИ РЕКУПЕРАТОРОВ ТЕПЛОТЫ И ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ ВЕНТВЫБРОСОВ

Д. С. Трошев

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

Научный руководитель А. В. Овсянник

Целью данной статьи является сравнение эффективности установки рекуператора теплоты и воздушного теплового насоса для утилизации теплоты вентвыбросов.

Вариант 1. Установка рекуператоров теплоты вентвыбросов

Одними из высокотехнологичных агрегатов, обеспечивающих энергосбережение, являются рекуперативные теплообменники. Помимо использования в составе централизованных вентиляционных агрегатов, большой практический интерес рекуперативные теплообменники представляют сами по себе как наиболее доступное средство внедрения энергосберегающих технологий при реконструкции существующих систем вентиляции путем осуществления обмена теплом между притоком и вытяжкой. Установка рекуперативного теплообменника при этом принципиально возможна без замены основных узлов существующей системы. В зависимости от конструктивного исполнения пластинчатые теплообменники могут обладать эффективностью η , от 40 до 70 % и иметь потерю напора по притоку и вытяжке от 50 до 250 Па [1]. В качестве примера рассмотрим установку рекуператора в системе вентиляции птичника. Средняя температура в птичнике составляет +23 °С, а средний часовой расход воздуха – 16779 м³/ч.

По максимальному расходу воздуха (31 700 м³/ч) к установке примем 2 рекуператора PR 100-50 фирмы Kogf на 28 000 м³/ч [2].

Количество теплоты, идущее на нагрев приточного воздуха уходящим, Гкал:

$$\begin{aligned} Q_{\text{Год}} &= V_{\text{CP}} C_{\text{ВОЗД}} (t_{\text{CP}} - t_{\text{CP.OT}}) \rho N_{\text{РАБ}} \eta \cdot 10^{-6} = \\ &= 16779 \cdot 0,24 \cdot (23 - (-1)) \cdot 1,2 \cdot 3505 \cdot 0,65 \cdot 10^{-6} = 264 \text{ Гкал}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $C_{\text{ВОЗД}} = 0,24$ ккал/(кг · °С) – теплоемкость воздуха; $t_{\text{CP.OT}} = -1$ °С – средняя за отопительный период температура наружного воздуха для г. Гомеля [3]; $\rho = 1,18$ кг/м³ – плотность воздуха; $N_{\text{РАБ}}$ – число часов работы системы вентиляции за отопительный период, ч:

$$N_{\text{РАБ}} = (N_{\text{OT}} - N_{\text{ПЕР}}) \cdot 24 = (188 - 3 \cdot 14) \cdot 24 = 3505 \text{ ч}, \quad (2)$$

$N_{\text{ПЕР}}$ – межпосадочный период, сут; η – эффективность рекуператора. Для пластинчатых рекуператоров принимаем $\eta = 0,65$.

Экономия тепловой энергии в т у. т. [4]:

$$\Delta B_{\text{ТЭ}} = Q_{\text{Год}} \cdot 0,175 = 264 \cdot 0,175 = 46,4 \text{ т у. т.} \quad (3)$$

Увеличение расхода электрической энергии за счет принудительной вентиляции, кВт · ч:

$$\Delta W_B = N_B \cdot T_{РАБ} = 2 \cdot 3,8 \cdot 3505 = 26,6 \text{ тыс. кВт} \cdot \text{ч}, \quad (4)$$

где N_B – мощность приточного (вытяжного) вентилятора, кВт; $T_{РАБ}$ – время работы вентилятора в году, ч.

Увеличение расхода электроэнергии в т у. т. [4]:

$$\Delta B_{ЭЭ} = \Delta W_B \cdot 0,28 \cdot 10^{-3} = 26,5 \cdot 0,28 = 7,2 \text{ т у. т.} \quad (5)$$

Изменение расхода условного топлива:

$$\Delta B = \Delta B_{ТЭ} - \Delta B_{ЭЭ} = 46,4 - 7,2 = 39,2 \text{ т у. т.} \quad (6)$$

Экономический эффект: $\mathcal{E} = 39,2 \cdot 210 = 8232 \text{ у. е.} = 72\,442 \text{ тыс. р.}$

Вариант 2. Установка воздушного теплового насоса

Применение рекуператора тепловой энергии позволяет утилизировать до 70 % сбросного тепла. Для утилизации оставшейся части теплоты предлагается установить тепловой насос. Однако если его устанавливать только на нагрев приточного воздуха, то его эффективность по сравнению с пластинчатым рекуператором не является очевидной. Это связано с тем, что, во-первых, тепловой насос потребляет значительное количество электрической энергии, а во-вторых, по закону сохранения энергии при охлаждении воздуха до температуры ниже температуры окружающей среды может возникнуть превышение нормальной температуры воздуха в вентилируемом объеме и, как следствие, нарушение теплового режима помещения. Однако если часть тепла использовать для компенсации тепловых потерь через ограждающие конструкции, то это позволит значительно увеличить глубину утилизации теплоты вентвыбросов. Для этого часть приточного воздуха с более высокой температурой должна подаваться вблизи ограждающей конструкции, тем самым компенсируя тепловые потери.

Для птичников РУП «Белоруснефть-Особино» теплотери через ограждающие конструкции после терморенновации составляют приблизительно 250 Гкал/год.

Действительный коэффициент преобразования реального цикла можно рассчитать по формуле [5]:

$$\mu_{ПТН} = \mu_{ид} \varphi, \quad (7)$$

где $\mu_{ид}$ – коэффициент преобразования идеального цикла Карно; φ – коэффициент, учитывающий реальные процессы, осуществляемые рабочим телом в ПТН:

$$\mu_{ид} = \frac{T_K}{T_K - T_O}, \quad (8)$$

где T_K и T_O – температуры кипения и конденсации рабочего тела:

$$T_K = 273 + (t_{CP} + (5 \div 10)), \text{ К;} \quad (9)$$

$$T_0 = 273 + (t_{\text{ВЫБ}} - (2 \div 4)), \text{ К}, \quad (10)$$

где $t_{\text{СР}}$, $t_{\text{ВЫБ}}$ – температуры горячего источника теплоты (нагреваемого воздуха) на выходе из конденсатора и холодного источника теплоты (охлаждаемого воздуха) на выходе из испарителя ПТН.

Практические значения φ составляют 0,55–0,70, при этом более низкие значения соответствуют более крупным агрегатам [5].

Для нахождения минимальной температуры удаляемого воздуха после теплового насоса составим уравнение теплового баланса:

$$Q_{\text{КОНД}} = Q_{\text{ИСП}} - W_{\text{КОМ}} = \frac{\mu}{\mu - 1} Q_{\text{ИСП}} = \frac{\mu}{\mu - 1} V_{\text{СР}} C_{\text{ВОЗД}} (t_{\text{СР}} - t_{\text{ВЫБ}}) \rho N_{\text{РАБ}} \eta \cdot 10^{-6};$$

$$Q_{\text{КОНД}} = V_{\text{СР}} C_{\text{ВОЗД}} (t_{\text{СР}} - t_{\text{СР.ОТ}}) \rho N_{\text{РАБ}} \eta \cdot 10^{-6} + Q_{\text{ОТ}}^{\text{ГОД}}. \quad (11)$$

Так как $Q_{\text{ИСП}} = f(t_{\text{ВЫБ}})$ и $\mu = f(t_{\text{ВЫБ}})$, то задаваясь температурой $t_{\text{ВЫБ}}$, методом последовательных приближений уравниваем 2 уравнения системы уравнений (11). Таким образом, минимальная средняя температура выброса составит $-7,8$ °С.

Рассчитаем экономию условного топлива от применения теплового насоса, работающего на теплоте вентвыбросов при минимальной температуре выбросов.

Теплота, отобранная в испарителе:

$$Q_{\text{ИСП}} = V_{\text{СР}} C_{\text{ВОЗД}} (t_{\text{СР}} - t_{\text{ВЫБ}}) \rho N_{\text{РАБ}} \eta \cdot 10^{-6} = 519,8 \text{ Гкал}. \quad (12)$$

Количество электроэнергии, затраченное в компрессоре:

$$W_{\text{КОМ}} = \frac{\mu}{\mu - 1} Q_{\text{ИСП}} \cdot 1,16 = 157,1 \text{ тыс. кВт} \cdot \text{ч}. \quad (13)$$

Количество теплоты, отданное в конденсаторе:

$$Q_{\text{КОНД}} = \frac{\mu}{\mu - 1} Q_{\text{ИСП}} = 655,3 \text{ Гкал}. \quad (14)$$

Экономия тепловой энергии по формуле (3): $\Delta B_{\text{ТЭ}} = 114,68 \text{ т. у. т.}$

Увеличение расхода условного топлива за счет роста потребления электрической энергии:

$$\Delta B_{\text{ЭЭ}} = (\Delta W_{\text{В}} + W_{\text{КОМП}}) 0,28 \cdot 10^{-3} = 51,45 \text{ т. у. т.} \quad (15)$$

Изменение расхода условного топлива по формуле (6): $\Delta B = 63,23 \text{ т. у. т.}$

Экономический эффект: $\mathcal{E} = 63,23 \cdot 210 = 13278 \text{ у. е.} = 118177 \text{ тыс. р.}$

Также проследим зависимость изменения экономии условного топлива от внедрения теплового насоса в зависимости от температуры выброса охлажденного воздуха. Расчеты аналогичны вышеприведенным. Результаты представлены в таблице и на рис. 1.

**Результаты расчета экономии условного топлива
от внедрения теплового насоса при различных $t_{\text{выб}}$**

$t_{\text{выб}}, ^\circ\text{C}$	μ	$Q_{\text{исп}},$ Гкал	$Q_{\text{конд}},$ Гкал	$W_{\text{ком}},$ тыс. кВт · ч	$\Delta B_{\text{тэ}},$ т у. т.	$\Delta B_{\text{ээ}},$ т у. т.	$\Delta B_{\text{год}},$ т у. т.
-7,8	4,84	519,8	655,3	157,1	114,68	51,45	63,23
-7	4,93	506,3	635,0	149,3	111,12	49,24	61,88
-5	5,19	472,4	585,0	130,6	102,38	44,03	58,35
-3	5,48	438,6	536,4	113,4	93,86	39,21	54,65
-1	5,81	404,7	488,9	97,6	85,55	34,79	50,76
1	6,17	370,8	442,5	83,2	77,44	30,74	46,71
3	6,58	337,0	397,3	70,0	69,53	27,04	42,48
5	7,06	303,1	353,1	58,0	61,80	23,70	38,10
7	7,60	269,2	310,0	47,3	54,25	20,69	33,56

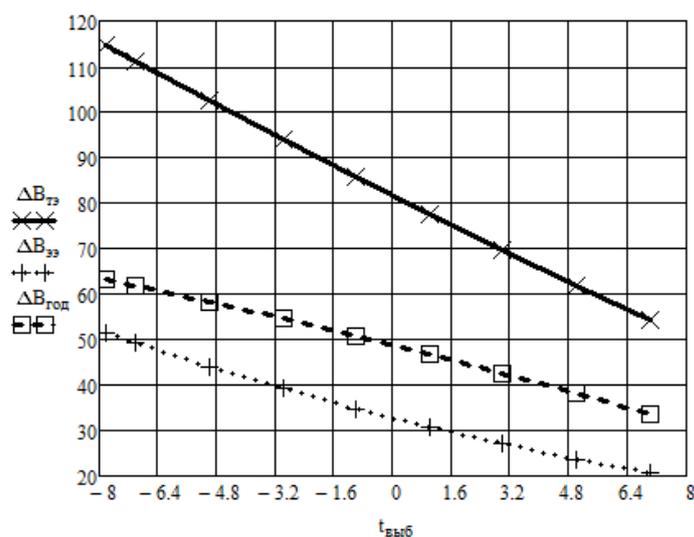


Рис. 1. Результаты расчета экономии условного топлива от внедрения теплового насоса в т у. т. при различных $t_{\text{выб}}, ^\circ\text{C}$

Выводы

Установка рекуператоров теплоты и тепловых насосов, утилизирующих теплоту вентвыбросов, значительно снижает потребление тепловой энергии и условного топлива на производство мяса птицы. Причем при утилизации теплоты при помощи теплового насоса при температуре выбрасываемого охлажденного воздуха ниже $+3 ^\circ\text{C}$ экономия топлива выше, чем от применения пластинчатого рекуператора. Однако при выборе к установке теплового насоса или рекуператора следует учесть более высокую стоимость теплового насоса и более высокие расходы на его содержание. Также следует рассматривать вариант совместной работы теплового насоса и рекуператора. Окончательный выбор того или иного варианта должен подтверждаться экономическим расчетом.

Литература

1. Вишнеvский, В. П. Рекуперация тепловой энергии в системах вентиляции и кондиционирования воздуха / В. П. Вишнеvский. – 2004. – Режим доступа: <http://ecoteco.ru.id=?519>. – Дата доступа: 03.09.2013.
2. Пластинчатые рекуператоры PR KORF. – 2013. – Режим доступа: <http://neocond.by/index.pl?act=PRODUCT&id=105>. – Дата доступа: 03.09.2013.
3. Строительная климатология : СНБ 2.04.02–2000. – Изменение № 1. – Дата введения: 01.07.2007. – Минск : М-ва архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2007. – 35с.
4. Об утверждении государственной статистической отчетности по формам 4-сн, 11-сн и приложений 1, 2, 3 к ней : приказ М-ва статистики и анализа Респ. Беларусь от 21 дек. 1999 г. № 281. – 2006. – Режим доступа: <http://arc.pravoby.info/documentd/part3/aktd3567.htm>. – Дата доступа: 03.09.2013.
5. Проценко, В. П. Коэффициент преобразования парокон-прессионных тепловых насосов / В. П. Проценко, В. А. Радченко // Теплоэнергетика. – 1998. – № 8. – С. 32–42.

ПРОБЛЕМЫ ЭКРАНИРОВАНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ КАБЕЛЕЙ**В. В. Судибор***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научные руководители: Т. В. Алферова, Л. И. Евминов

Основным средством защиты контрольных кабелей от наведенных напряжений является их экранирование, а также выбор правильного способа прокладки с учетом максимально возможного удаления от молниеотводов и силовых кабелей, использование специальных кабельных лотков. Существует несколько типов таких лотков: пластмассовые со вставками из алюминия, пластмассовые с напылением металла, алюминиевые.

В общем случае эффективность металлического экрана (т. е. степень ослабления электромагнитного поля) обусловлена двумя его свойствами: поглощением энергии при прохождении электромагнитной волны через проводящую среду и отражением волны на границе раздела двух сред. Оба эти явления зависят как от частоты электромагнитной волны, так и от материала экрана. Лучшее поглощение электромагнитной энергии обеспечивают ферромагнитные материалы (железо, пермендюр, пермаллой), а лучшее отражение электромагнитной волны обеспечивается диамагнитными материалами (медь, алюминий). Эффективность экранирующих свойств ферромагнитных материалов снижается с увеличением напряженности поля из-за насыщения, а эффективность диамагнитных экранов снижается с ростом частоты из-за роста сопротивления. По ряду причин технического и экономического порядка наибольшее распространение получили экраны в виде медной сетки (оплетки) и различных профилей из алюминия.

Поскольку глубина проникновения электромагнитной волны в металл обратно пропорциональна частоте этой волны, то очевидно, что, чем толще экранирующая металлическая оболочка, тем более эффективно она будет ослаблять электромагнитное поле для более широкого диапазона частот. Например, если для эффективного экранирования на частоте 500 кГц достаточной является толщина медного экрана около 0,6 мм, то для промышленной частоты 50 Гц необходим медный экран с толщиной стенок уже около 6 см (для ферромагнитного экрана достаточна стенка в 5 мм).

Наименьшим экранирующим эффектом обладают пластмассовые лотки с металлическим напылением, широко используемые для прокладки контрольных кабелей. Такая конструкция начинает работать эффективно лишь на частотах 600 МГц и выше.

На частотах ниже 200 МГц она вообще не работает. Наводки на контрольные кабели на подстанциях имеют обычно значительно более низкую частоту, чем указанные 200 МГц, поэтому применение пластмассовых лотков с напылением вообще бессмысленно. Вместе с тем алюминиевые лотки и медная оплетка на кабелях все еще способны ослабить наводимые напряжения в десятки раз и поэтому они нашли широкое применение. Наибольшее ослабление наводок в широком диапазоне частот может обеспечить прокладка контрольных кабелей в стальных водопроводных трубах.

Для успешного функционирования экранных оболочек необходимо обеспечить стекание наведенного на них заряда в «землю». В идеальном случае потенциал по всей длине экрана должен быть равным потенциалу «земли», поэтому иногда в особо чувствительных высокочастотных электронных цепях применяют многократное заземление экрана кабеля через каждые $0,2\lambda$ (λ – длина волны электромагнитного поля). При прокладке экранированных кабелей на подстанциях можно использовать такое дополнительное решение, как прокладка параллельно трассе кабелей медной шины для выравнивания потенциалов, заземленной с двух сторон. Однако чаще используется простое заземление экрана с одной или с двух сторон (рис. 1).

В ряде источников [1] рассматривается целесообразность заземления экранов контрольных кабелей лишь с одной стороны.

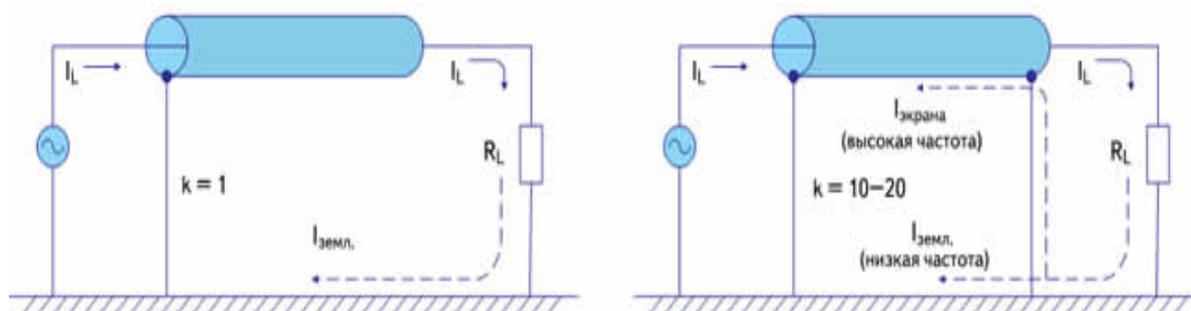


Рис. 1. Заземление экрана с одной или с двух сторон

В действительности заземление экрана контрольного кабеля с одной стороны является эффективным лишь против емкостных наводок (рис. 2) (так называемая электростатическая защита) и совершенно неэффективной мерой (коэффициент ослабления помехи $k = 1$) для индуктированных наводок, поскольку этот экран не обеспечивает цепи для замыкания тока помехи. При заземлении экрана с двух сторон появляется дополнительная цепь (экран), обладающая значительно меньшим импедансом для высокочастотного сигнала, чем «земля».



Рис. 2. Емкостные наводки на принимающий проводник

В результате рабочий сигнал делится на две части, одна из которых (низкочастотная) по-прежнему возвращается через «землю», а вторая (высокочастотная) – через экран кабеля. Таким образом, для высокочастотной составляющей ток в экране равен току в центральной жиле, направленному встречно, и компенсируется благодаря электромагнитной связи между экраном и центральной жилой. Так обеспечивается защита от высокочастотного излучения с центральной жилы во внешнее пространство (т. е. на соседние кабели) с коэффициентом ослабления помехи $k = 3\text{--}20$. Эта система работает также эффективно и при внешнем электромагнитном воздействии на экран, при котором наведенный в экране высокочастотный сигнал замыкается через «землю».

При выполнении присоединения экрана к земляной шине следует иметь в виду, что никакие «накрутки» соединительного провода на экран недопустимы, как недопустимо и свертывание в кольца длинного соединительного провода между экраном и земляной шиной. Каждый дополнительный виток этого провода увеличивает импеданс системы заземления на высоких частотах и резко снижает ее эффективность. В некоторых случаях может возникнуть ситуация, когда через заземленный с двух сторон экран протекает значительный импульсный ток помехи, вызывающий наводку в центральной жиле. Такое может произойти, например, под действием значительного тока молнии, протекающего в близкорасположенных от контрольных кабелей элементах системы заземления или под действием тока близкого короткого замыкания [2]. Как показано в [2], при токе молнии в заземлителе 100 кА даже при заземлении экрана кабеля с двух сторон пиковое значение напряжения помехи на центральной жиле кабеля может достигать до 8,2 кВ, что значительно превосходит уровень устойчивости МУРЗ.

В этих случаях необходимо либо изменить трассу пролегания контрольных кабелей (удалить их от силовых коммутационных аппаратов, молниеотводов, разрядников), либо уменьшить разность потенциалов между заземленными концами экрана кабеля при воздействии на него мощной импульсной помехи. Последнее решается путем прокладки вдоль кабелей медной шины, заземленной с двух сторон, которая так и называется – «шина уравнивания потенциалов». Ее действие обусловлено тем, что импеданс медной шины на высоких частотах значительно меньше импеданса «земли» (и даже импеданса экрана), и поэтому основная часть высокочастотного тока импульсной помехи будет протекать через эту шину, а не через экран.

Применение этих мер совместно с широким использованием варисторов позволит надежно защитить микропроцессорные устройства релейной защиты. Разумеется, эти меры будут наиболее эффективными, если их принимать на стадии проектирования и строительства новой подстанции, а не при «латании дыр» на старой.

Л и т е р а т у р а

1. Matsuda, T. Experience with maintenance and improvement in reliability of microprocessor-based digital protection equipment for power transmission systems / T. Matsuda. – Report 34–104, SIGRE, session 30 aug. – 5 sept., 1992. – 40 с.
2. Гуревич, В. Микропроцессорные реле защиты. Устройство, проблемы, перспективы / В. Гуревич. – М. : Инфа-Инженерия, 2011. – 336 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТУРБОСТАНЦИЙ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ НА ПУНКТАХ ПОНИЖЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ГАЗА

В. А. Мороз

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

Научные руководители: Т. В. Алферова, В. В. Бахмутская

Приоритетом энергетической политики Республики Беларусь наряду с устойчивым обеспечением страны энергоносителями является создание условий и реализация мер для функционирования и развития экономики при максимально эффективном использовании топлива и энергии. При этом особую актуальность приобретает использование альтернативных источников энергии.

Транспортируемый по магистральным газопроводам природный газ обладает потенциальной энергией сжатого состояния и кинетической энергией движения по трубе. Основная часть этой энергии диссипируется на пунктах распределения газа. Обычно этот процесс выполняется в два этапа. Первый этап – это газораспределительная станция (ГРС), где давление от транспортного снижается до 1,2...1,6 МПа. Второй этап – снижение давления газа на газораспределительном пункте (ГРП) до давления 0,1...0,3 МПа, необходимого потребителю. Поскольку энергия уже подведена к газу на этапе закачки в газопровод, возвращение ее позволяет рациональнее использовать затраченные ресурсы и снизить себестоимость транспортных услуг.

Для обеспечения нужд по транспортировке газа рационально и экономически обосновано применение автономных источников энергии, поскольку строительство новых ЛЭП к труднодоступным местам сопряжено со значительными затратами. С целью уменьшения или полного исключения энергопотребления от внешних электросетей в качестве источника энергии используют: водогрейные котлы и электрогенераторы на базе газотурбинных двигателей и двигателей внутреннего сгорания, работающие на транспортируемом газе, ветроэлектрогенераторы, солнечные батареи. Традиционные системы тепло- и электроснабжения, сжигающие перекачиваемый газ для получения энергии, хорошо известны и имеют массу вариантов реализации. Однако наряду с расходом газа они требуют создания отдельной линии подвода газа к установке преобразования энергии и отдельного узла редуцирования и учета газа. Кроме того, устройство котельной в одном помещении с регуляторами давления газа невозможно по условию взрывобезопасности. В связи с этим для водогрейного котла приходится обустраивать отдельное, капитально изолированное от основного помещение, что требует немалых материальных затрат, превышающих стоимость самого котла.

Наиболее оправданным и конструктивно проработанным решением для автономных резервных источников питания, а также для отопления помещения и обогрева регуляторов давления на ГРС и ГРП является применение турбоустановок, предлагаемых НПП «Газэлектроприбор». Данные установки не влияют на работоспособность регуляторов давления газа, поскольку турбина расположена после регулятора, но до вывода импульсной трубки командного давления регулятора. Энергия, отводимая турбостанцией из потока газа невелика, поэтому температура газа снижается незначительно. Кроме того, объем охлажденного газа мал по сравнению с общим объемом, проходящим через регуляторы, и газ, протекая по газопроводу до потребителя, постепенно приобретает температуру окружающей среды за счет теплообмена с основным потоком газа через стенку трубы.

Турбодетандерные установки обладают рядом существенных преимуществ по сравнению с традиционными способами получения энергии: комплексное решение задачи полезной утилизации потенциальной энергии сжатого газа; полная автономность; электроэнергия и тепло вырабатываются экологически чисто; не требуется сжигание топлива; нет необходимости прокладывать линии электропередач.

Турбостанции отличаются простотой конструкции и достаточной надежностью. В зависимости от необходимости выработки конкретного вида энергии турбостанция содержит либо источник тепла, либо источник электроэнергии.

Источник тепла представляет собой комплекс из турбоагрегата, трубной обвязки с запорно-регулирующей аппаратурой, системы контроля и автоматического управления. Турбоагрегат состоит из корпуса, внутри которого соосно установлены одноступенчатая активная турбина и колесо центробежного компрессора. Управление режимом ТН осуществляется с помощью клапана, который обеспечивает удержание температуры газа в контуре в заданных пределах. Клапан регулируется таким образом, чтобы газ в контуре обогрева не нагревался выше $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, так как большая температура не допускается по нормам безопасности.

Источник электроэнергии, представляющий собой комплекс из турбогенераторного агрегата, трубной обвязки с запорно-регулирующей аппаратурой, показан на рис. 1.

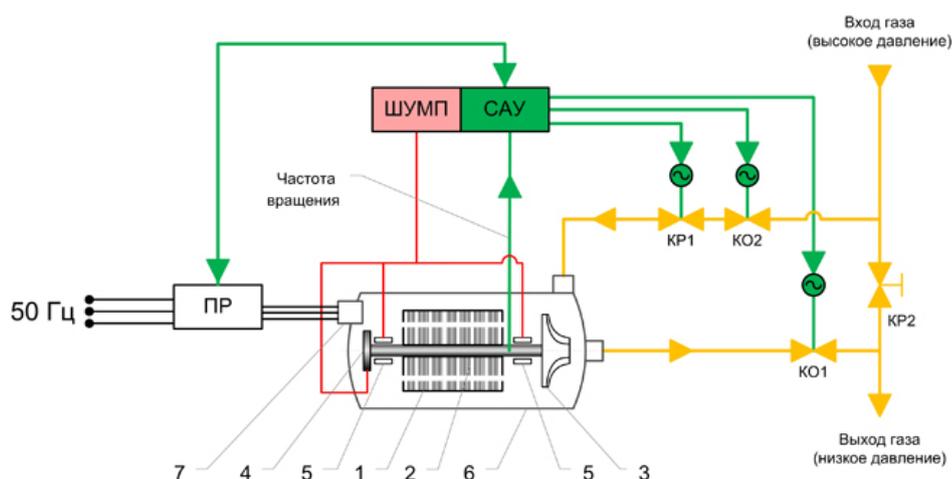


Рис. 1. Структурная схема турбогенераторной установки:

1 – статор электрогенератора; 2 – ротор электрогенератора; 3 – колесо турбины; 4 – упорный магнитный подшипник МП; 5 – опорные магнитные подшипники МП; 6 – корпус детандер-генераторной установки; 7 – гермовод; ПР – преобразователь частоты и напряжения; САУ – система автоматического управления; ШУМП – шкаф управления МП; КР1, КР2 – клапаны регулирующие (поддержание частоты вращения); КО1, КО2 – краны отсечные

Турбогенераторный агрегат состоит из капсулы, внутри которой соосно установлен генератор. На валу генератора установлена активная турбина. Установки комплектуются генераторами постоянного тока 12, 24, 36, 48 В, что позволяет использовать их для катодной защиты, освещения и т. п. Могут комплектоваться блоками преобразования в переменный ток с $U = 220\text{ В}$ и $f = 50\text{ Гц}$.

В качестве примера рассмотрим эффективность применения турбодетандерной установки для электроснабжения аппаратов катодной защиты.

В качестве исходных данных принимаем:

- число часов использования электрической мощности: $T = 8760$ ч/год;
 - номинальная мощность аппаратов катодной защиты: $P_{\text{ном}} = 2,2$ кВт;
 - годовое потребление электроэнергии: $W = P_{\text{ном}} \cdot T = 2,2 \cdot 8760 = 17520$ кВт · ч/год.
- Расчет производим для случаев, когда в качестве источника энергии используется:
- питание от сети через ЛЭП;
 - портативная электростанция с приводом от бензинового двигателя (расход топлива – 0,79 л/ч);
 - портативная электростанция с приводом от дизельного двигателя (расход топлива – 0,8 л/ч);
 - турбодетандерная установка.
- Результаты расчета приведены в табл. 1.

Таблица 1

Расчета затрат на энергоснабжение потребителя

Вариант получения электроэнергии	Стоимость капитальных затрат, у. е.	Расход энергоносителя в год/потребляемая энергия	Цена энергоносителя, у. е.	Стоимость энергоносителя, у. е.	Сумма затрат, у. е.
От сети ЛЭП (1 км)	12000	17520 кВт/ч	0,134	2347,68	14347,68
Бензиновая станция	685	7008	0,89	6237,12	6922,12
Дизель-генератор	2020	6920,4	0,97	6712,80	8732,80
Турбогенератор	4320	0	0	0	4320

Примечание. В расчете не учитывались затраты на доставку топлива к месту расположения электростанции.

На основе вышеприведенных результатов расчета можно сделать вывод, что применение турбодетандерных установок на ГРС и ГРП является экономически эффективным и обеспечивает высокорентабельное производство электроэнергии.

Рассмотрим возможность применения турбодетандерной установки для получения тепловой энергии в сравнении со случаем, когда в качестве источника тепла используется водогрейный котел. Будем считать, что для отопления необходим узел нагрева мощностью $P = 6$ кВт.

Число часов использования тепловой мощности: $T = 4320$ ч.

Годовое потребление энергии: $W = 6 \cdot 4320 = 25920$ кВт · ч/год.

Результаты расчета приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчета затрат на теплоснабжение потребителя

Вариант получения тепла	Стоимость капитальных затрат, у. е.	Расход энергоносителя в год/потребляемая энергия	Цена энергоносителя, у. е.	Стоимость энергоносителя, у. е.	Сумма затрат, у. е.
Водогрейный котел	1954	2720 м ³	211,6 (за 1000 м ³)	575,53	2529,53
Турбодетандер	2240	0	0	0	2240

Результаты расчетов показали, что использование турбодетандерных установок в качестве источников тепла позволяет снизить затраты на теплоснабжение.

Л и т е р а т у р а

1. Мальханов, В. П. Турбодетандерные агрегаты в системах подготовки и распределения природного газа / В. П. Мальханов. – М. : Нефть и газ, 2004. – 226 с.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ НА СОВРЕМЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА

Е. А. Якимов

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

Научный руководитель Т. В. Алферова

Согласно ГОСТ 13169–87 «Нормы качества электрической энергии и ее приемников, присоединяемых к электрическим сетям общего назначения» показателями качества отпускаемой электроэнергии являются:

– отклонения (сравнительно медленные изменения) и колебания (достаточно быстрые) частоты;

– отклонения и размах изменения напряжения;

– несинусоидальность формы кривой напряжения;

– несимметрия трехфазной системы напряжений и смещение нейтрали;

– неуравновешанность напряжения.

Влияние отклонения частоты на современные источники света

Различают электромагнитное и технологическое влияние отклонения частоты. Электромагнитная составляющая обуславливается увеличением потерь активной мощности и ростом потребления активной и реактивной мощностей. Можно считать, что снижение частоты на 1 % увеличивает потери в сетях на 2 %.

Технологическая составляющая вызвана в основном недовыпуском промышленными предприятиями продукции. Согласно экспертным оценкам, значение технологического ущерба на порядок выше электромагнитного.

Анализ работы предприятий с непрерывным технологическим процессом показал, что большинство технологических линий оборудовано механизмами с постоянным и вентиляторным моментами сопротивлений, а их приводами служат асинхронные двигатели. Частота вращения двигателей пропорциональна изменению частоты сети, а производительность технологических линий зависит от частоты вращения двигателя. При значительном повышении частоты в энергосистеме, что может быть, например, в случае уменьшения (сброса) нагрузки, возможно повреждение оборудования.

Влияние изменения нагрузки потребителей при изменении частоты можно проанализировать с помощью статических характеристик обобщенного узла нагрузки от частоты, приведенных на рис. 1.

Как видно из рис. 1, снижение частоты до значения f_1 приводит к увеличению потребляемой нагрузкой реактивной мощности Q до значения Q_{*1} , что влечет за собой понижение напряжения в узле присоединения нагрузки. При этом потребляемая активная мощность снижается до P_{*1} . Обычно увеличение потребляемой реактивной мощности выше, чем снижение активной мощности, что приводит к увеличению потерь полной мощности по элементам сети и, следовательно, к увеличению потерь мощности и энергии в сети.

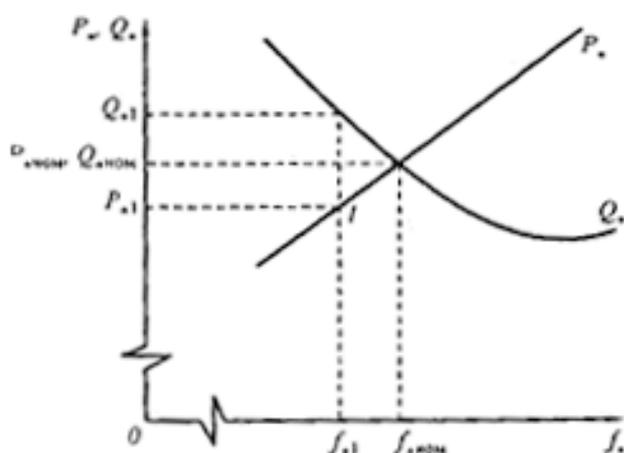


Рис. 1. Статические характеристики по частоте обобщенного узла нагрузки

Изменение нагрузки потребителей в сети может быть различным по характеру. При малых изменениях нагрузки в системе требуется небольшой резерв мощности. В этих случаях автоматическое регулирование частоты в системе может производиться на одной, так называемой частотно-регулирующей станции. При больших изменениях нагрузки увеличение мощности должно быть предусмотрено на значительном числе станций. В связи с этим в соответствии с предполагаемыми изменениями нагрузок потребителей заранее составляются графики соответствующего изменения нагрузки электростанций. При этом предусматривается экономическое распределение нагрузок между станциями.

В послеаварийных режимах, например, при отключении мощных линий электропередач система может оказаться разделенной на отдельные несинхронно работающие части. В некоторых из них мощность электростанций может оказаться недостаточной для поддержания частоты и будут наблюдаться большие изменения частоты. Это, как уже отмечалось, приведет к резкому снижению производительности оборудования, что вызовет дальнейшее значительное уменьшение мощности станций, вплоть до их выпадения из работы. Для предотвращения общесистемных аварий в подобных случаях предусматривают специальные автоматические устройства частотной разгрузки (АЧР), отключающие в таких случаях часть менее ответственных потребителей. После ликвидации дефицита мощности, например, после включения резервных источников специальные устройства частотного автоматического повторного включения (АПВЧ) включают отключенных потребителей, и нормальная работа системы восстанавливается.

Влияние отклонения напряжения на работу светодиодных ламп

Каждый приемник электроэнергии (светодиодная осветительная установка) спроектирован для работы при номинальном напряжении и должен обеспечивать нормальное функционирование при отклонениях напряжения от номинального на заданную ГОСТом величину. При изменении напряжения в пределах этого рабочего диапазона могут изменяться значения выходного параметра приемника электроэнергии.

Одновременно с изменением выходных параметров, а в ряде случаев даже когда выходные параметры не изменяются, изменение напряжения приводит к изменению потребляемой приемником электроэнергии (светодиодной осветительной установкой) мощности.

Установки электрического освещения с лампами накаливания, люминесцентными, светодиодными осветительными установками, дуговыми, ртутными, натриевыми, ксеноновыми лампами применяются на всех предприятиях для внутреннего и наружного освещения.

Необходимо отметить, что при изменении напряжения изменяется освещенность, световой поток и срок службы светодиодной лампы. На каждый процент понижения напряжения световой поток уменьшается приблизительно на 3,6 %. Срок службы увеличивается приблизительно на 1,3 %.

Влияние колебаний напряжения на работу электроприемников

ГОСТ 13109–99 определяет воздействие колебаний напряжения на осветительные установки, влияющие на зрение человека. Мигание ламп освещения (фликер-эффект) вызывает неприятный психологический эффект, утомление зрения и организма в целом. Степень раздражения органов зрения зависит от величины и частоты мигания. Наиболее сильное воздействие на глаз человека оказывают мигания света с частотой 3...10 Гц, поэтому допустимые колебания напряжения в этом диапазоне минимальны – менее 0,5 %.

Колебания напряжения более 10 % могут привести к погасанию ламп. При глубоких колебаниях напряжения (более 15 %) могут отпасть контакты, вызвав нарушения технологии производства.

Влияние несимметрии напряжения

На рис. 2 приведены векторные диаграммы прямой, обратной последовательностей и результирующих напряжений. Как видно из векторной диаграммы результирующего напряжения, при появлении в трехфазной сети напряжения обратной последовательности ухудшается режим напряжений как трехфазных, так и однофазных электроприемников.

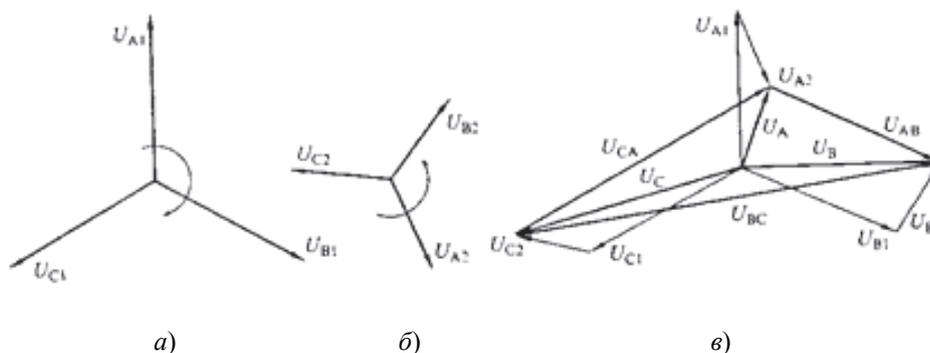


Рис. 2. Влияние появления напряжения обратной последовательности на величину результирующих напряжений сети:

- a* – векторная диаграмма напряжений прямой последовательности;
- б* – векторная диаграмма напряжений обратной последовательности;
- в* – векторная диаграмма результирующих напряжений

Несимметрия напряжения значительно влияет и на однофазные потребители. Если фазные напряжения неодинаковы, то, например, лампы светодиодные, подключенные к фазе с более высоким напряжением, имеют больший световой поток, но значительно меньший срок службы по сравнению с лампами, подключенными к фазе с меньшим напряжением.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПАРДИНАМИЧЕСКОГО ТЕРМОСИФОНА

А. В. Родин

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

Научный руководитель А. В. Шаповалов

Процессы, происходящие в испарителе термосифонов с внутренними вставками, мало изучены. Поэтому возникает необходимость экспериментальным путем определять пределы работы термосифона, влияние различных параметров на работоспособность, оптимальную степень заполнения, а также оптимальные геометрические размеры.

Целью исследования является:

- определение оптимальных режимов работы пародинамического термосифона;
- выявление оптимальных геометрических размеров кольцевого зазора, степени заполнения внутренней полости, расположения в пространстве зоны испарения относительно зоны конденсации.

Для получения экспериментальных результатов был спроектирован и изготовлен стенд, представленный на рис. 1. Стенд является совместной разработкой кафедры «Промышленная теплоэнергетика и экология» УО «ГГТУ им. П. О. Сухого» и лаборатории пористых сред ГНУ «ИТМО им. А. В. Лыкова НАН РБ». Основными элементами стенда являются пародинамический термосифон (более подробно рассмотрен на рис. 2), нагреватель с утеплением для уменьшения тепловых потерь в окружающую среду, кожух охлаждения и стойка. В термосифоне предусмотрена возможность изменения величины кольцевого зазора с помощью сменных внутренних трубок. Стойка установки проектировалась таким образом, чтобы была возможность изменения угла наклона термосифона в пространстве. На установке имеются штуцеры, обеспечивающие заправку термосифона необходимым количеством теплоносителя. С помощью этих штуцеров также производится вакуумирование полости и контроль давления.

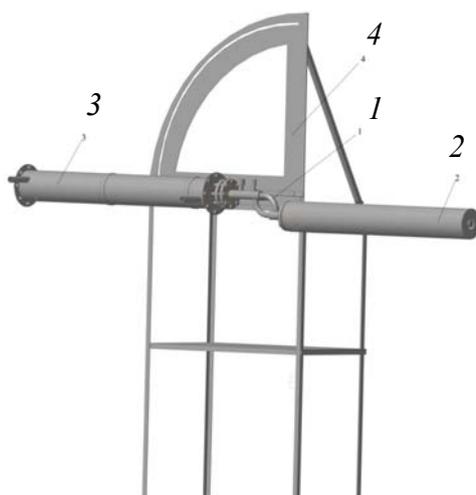


Рис. 1. Экспериментальный стенд для исследования характеристик пародинамического термосифона:

1 – пародинамический термосифон; 2 – нагреватель с утеплителем, установленный на испаритель; 3 – кожух охлаждения; 4 – стойка установки

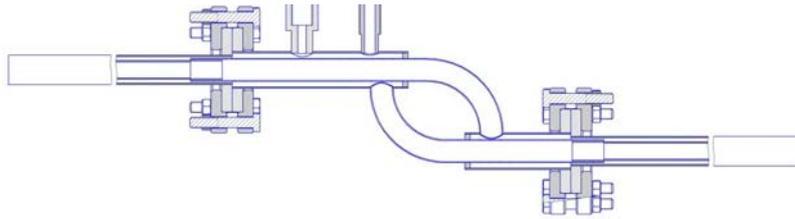


Рис. 2. Пародинамический термосифон

Некоторого повышения уровня предельного теплопереноса термосифонного элемента возможно добиться подбором оптимальной геометрии.

В [1] приведена методика расчетного определения геометрических характеристик термосифона с аксиальной вставкой при условиях достижения максимума критической тепловой мощности. Для проведения расчетов по результатам экспериментальных исследований была получена зависимость вида:

$$x_a^{\text{кр}} = f(W), \quad (1)$$

где $x_a^{\text{кр}}$ – массовое паросодержание в адиабатной зоне при критическом уровне теплопереноса.

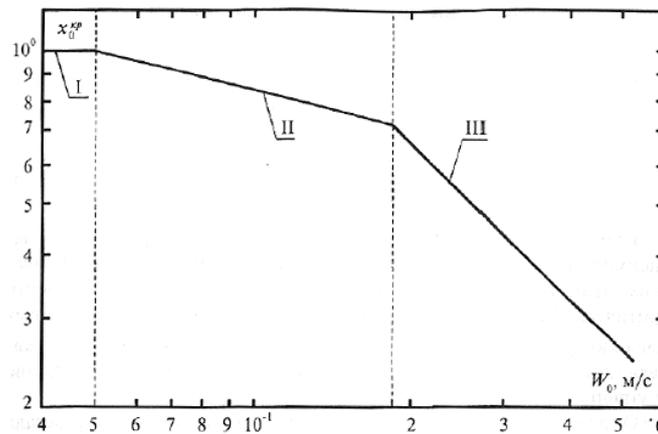


Рис. 3. Расчетная зависимость паросодержания в момент кризиса теплообмена от скорости циркуляции при фиксированных размерах контура и давления в термосифоне (теплоноситель–вода):
 $d = 70$ мм; $f_{\text{оп}}/f_{\text{т.с}} = 0,1$; $p = 1,0$ МПа [2]

Зависимость, $x_a^{\text{кр}} = f(W)$, представленная на рис. 3, описывается следующими уравнениями:

1. Сухой насыщенный пар:

$$x_a^{\text{кр}} = 1. \quad (2)$$

2. Расчет приводится по следующей формуле:

$$x_a^{\text{кр}} = 1,45 \left(Fr \frac{\rho}{\rho_n} \right)^{-0,125}. \quad (3)$$

3. Расчет проводится по следующей формуле:

$$x_a^{\text{кр}} = \frac{1}{\left(Fr \frac{\rho}{\rho_n} (C \cdot K_p^n)^{-2} \right)^{0,5}}, \quad (4)$$

где C , K , n – эмпирические коэффициенты.

Проводя расчет по формулам (2)–(4) при постоянном давлении p , получаем график зависимости критической плотности теплового потока, отнесенной к полному сечению трубы, от изменения геометрических размеров опускающего канала (рис. 4).

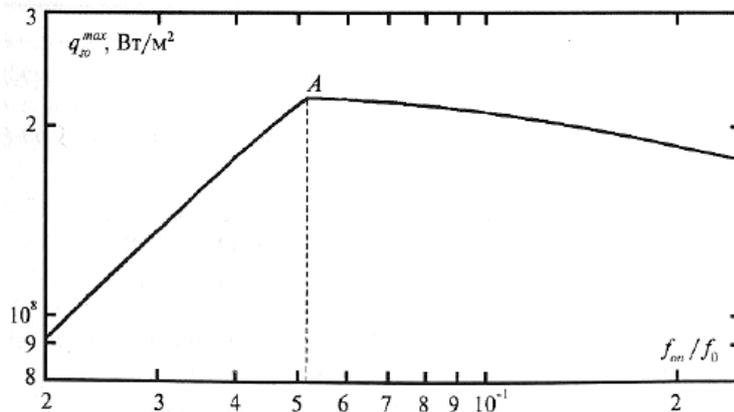


Рис. 4. Зависимость плотности теплового потока от отношения $f_{\text{оп}}/f_{\text{т.с}}$ при фиксированном давлении в контуре (теплоноситель–вода):
 $d = 70$ мм; $p = 1,0$ МПа [2]

Определяя значения относительного сечения опускающего канала, расчеты показали, что оптимальные значения относительного сечения опускающего канала незначительно уменьшаются с ростом диаметра термосифона и возрастают с увеличением давления в термосифоне.

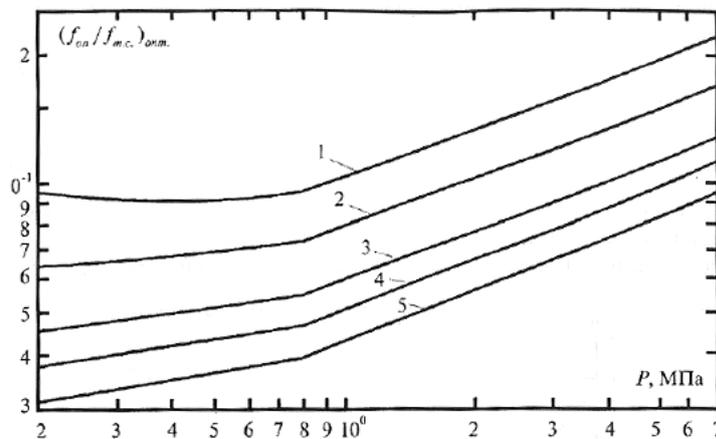


Рис. 5. Оптимальное относительное сечение опускающего канала, полученное из условия достижения максимальной плотности теплового потока (теплоноситель–вода):
 $1 - d = 20$ мм; $2 - 30$; $3 - 50$; $4 - 70$; $5 - 100$ [1]

Литература

1. Безродный, М. К. Процессы переноса в двухфазных термосифонных. Теория и практика. / М. К. Безродный, И. Л. Пиоро, Т. О. Костюк. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев : Факт, 2005. – 704 с.
2. Безродный, М. К. К расчету гидродинамического контура двухфазных термосифонов с внутренними вставками / М. К. Безродный, И. М. Загуменнов, С. А. Хавин // Изв. вузов. Энергетика. – 1986. – № 2. – С. 83–88.

**ВЛИЯНИЕ ВНУТРЕННИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА
КИПЕНИЯ И РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ
ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ПАРООБРАЗОВАНИИ
ОЗОНОБЕЗОПАСНЫХ ХЛАДАГЕНТОВ**

В. Г. Якимченко

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

Научный руководитель А. В. Овсянник

Изучение процесса кипения является чрезвычайно сложным в связи с многочисленностью гидродинамических и термодинамических факторов, способных так или иначе на него влиять, и потому, что большинство этих факторов одновременно меняется с изменением давления насыщения. Без определения значений параметров кипящей жидкости нельзя рассчитать коэффициенты теплоотдачи и, следовательно, выбрать необходимые параметры хладагентов и размеры поверхности теплообмена, надежные режимы работы оборудования и решить ряд других технических задач. На развитие процесса может влиять скорость движения жидкости или парожидкостной смеси. Кроме того, сама структура двухфазного потока (характер распределения паровой и жидкой фаз) также имеет важное значение для развития процесса кипения и возникновения кризиса кипения.

В данной работе анализировалось влияние, оказываемое внутренними характеристиками процесса кипения на интенсивность теплообмена при кипении озонобезопасных хладагентов (R134a, R404a и R407c) на гладкой технически шероховатой поверхности в условиях свободного движения в большом объеме.

Для проведения экспериментальных исследований использовался экспериментальный стенд, испарительная камера которого представляет собой цилиндр диаметром 107 мм и длиной 310 мм. В качестве образца теплоотдающей поверхности использовалась горизонтальная гладкая трубка из дюралюминия длиной 305 мм и диаметром 25 мм. Тепловой поток к трубке подводится электрическим нагревателем. Экспериментальные исследования проводились при постепенном повышении тепловой нагрузки до достижения максимально возможной ее величины. После тепловой поток плавно уменьшался.

Плотность теплового потока изменялась в пределах 3,7–48,8 кВт/м², давление насыщения – в пределах 0,4–1,31 МПа. Сопоставление производилось при близких друг к другу температурах насыщения жидкости, так как теплофизические свойства указанных хладагентов, в частности, температура кипения существенно различаются (R134a: $t_n = -26,1$ °C; R404a: $t_n = -46,7$ °C; R407c: $t_n = -43,56$ °C). Теплофизические свойства фреонов определялись по справочным таблицам при соответствующих давлениях и температурах насыщения.

При постановке задачи изначально заданными можно считать плотность теплового потока q , а также физические свойства жидкости (при заданном давлении насыщения).

В этом случае отношение $\frac{q}{r \cdot \rho}$ имеет размерность скорости парообразования ω и строго заданное значение, в отличие от скорости движения жидкости, которая представляет собой довольно сложную функцию этого отношения и других величин. Величина ω является специфическим параметром для теплообмена при кипении, поэтому ее необходимо включать в условия однозначности.

Теплообменные процессы при использовании R404a и R407c проходили при повышенных давлениях по сравнению с R134a. Влияние давления на коэффициент теплоотдачи при развитом пузырьковом кипении у фреона и R407c более заметно по сравнению с R134a и R404a (рис. 1). С повышением давления облегчаются условия зарождения паровых пузырей на теплоотдающей поверхности и растет турбулизация потока паровой фазы, что приводит к интенсификации теплообмена.

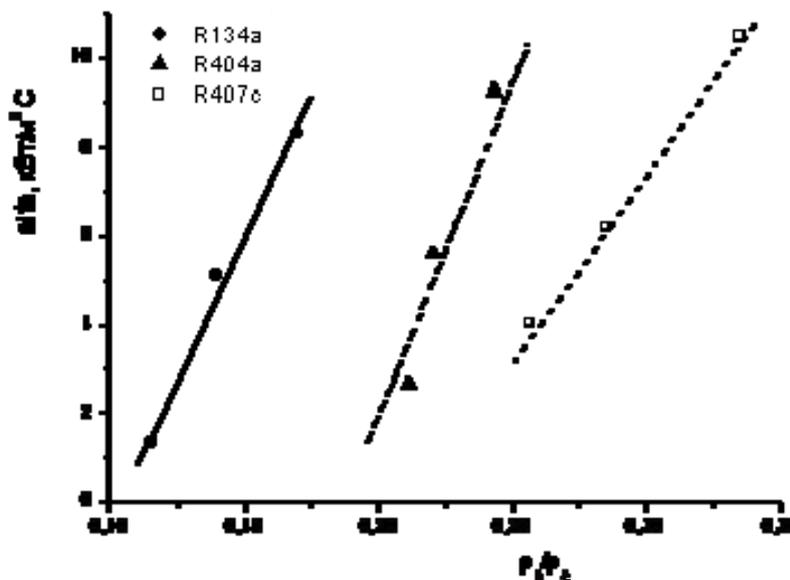


Рис. 1. Экспериментальные зависимости $\alpha = f(p_s / p_c)$ в области развитого пузырькового кипения для фреонов 134a, 404a и 407c

Большое влияние на паросодержание, следовательно, и на скорость смеси оказывает плотность теплового потока, подводимого к греющей поверхности. Зависимость скорости парообразования от плотности теплового потока для всех трех фреонов имеет линейный характер (рис. 2).

Степень влияния давления насыщения при увеличении плотности теплового потока снижается из-за увеличения величины перегрева, необходимого для вскипания жидкости и снижения темпа увеличения числа активных центров парообразования (рис. 3).

Зависимость α от скорости парообразования наблюдается во всем диапазоне давлений, что подтверждается результатами экспериментов. При $q = \text{const}$ с понижением давления уменьшается число действующих на единице греющей площади поверхности центров парообразования, и, следовательно, снижается доля теплового

потока, отводимая от теплоотдающей поверхности в форме теплоты испарения, и усиливается влияние конвективного механизма переноса теплоты.

Увеличение температурного напора (теплого потока) постепенно приводит к значительному возрастанию среднего объемного паросодержания. Интенсивность теплоотдачи при развитом пузырьковом кипении в основном определяет термическое сопротивление тонкого поверхностного слоя жидкой фазы у самой греющей стенки. Эффективная толщина слоя по мере увеличения тепловой нагрузки снижается, что приводит к увеличению интенсивности теплоотдачи у всех трех изучаемых хладагентов (рис. 4).

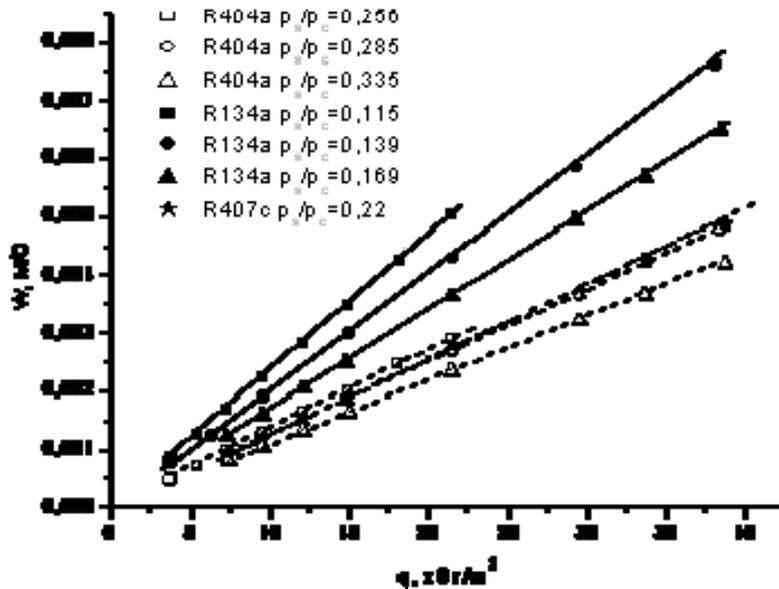


Рис. 2. Зависимость скорости парообразования от плотности теплового потока

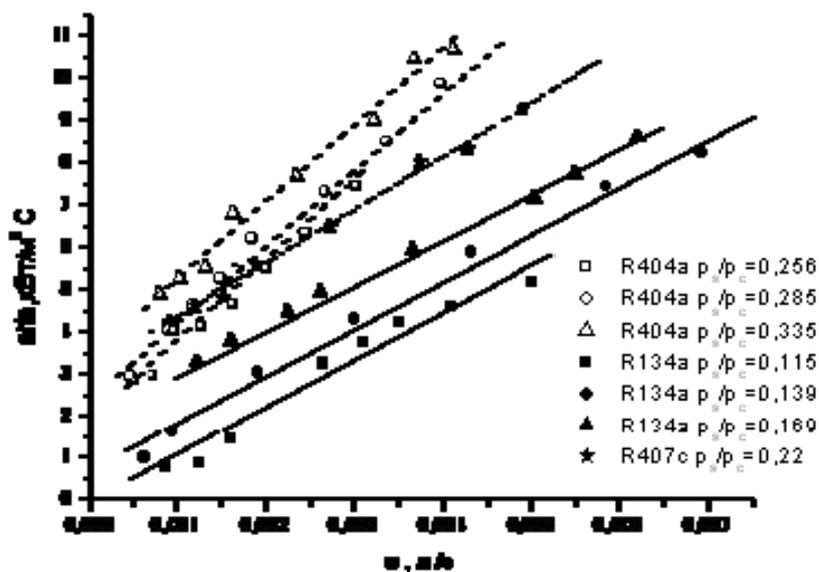


Рис. 3. Зависимость коэффициента теплоотдачи от скорости парообразования

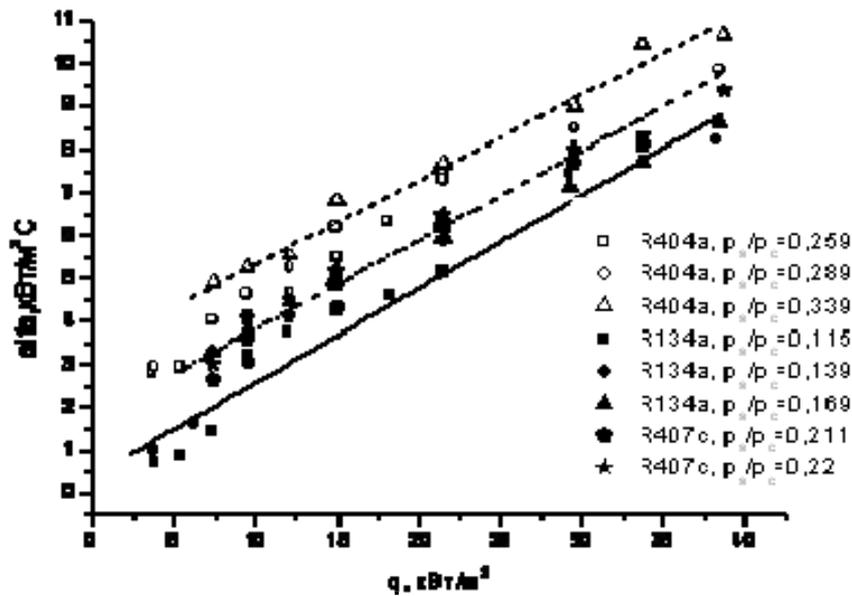


Рис. 4. Экспериментальные зависимости $\alpha = f(q)$ в области пузырькового кипения для фреонов 134а, 404а и 407с

Выводы

1. Существенную роль на процессы кипения оказывает изменение давления – с понижением давления возрастает скорость парообразования вследствие повышения удельного объема пара. При этом наибольшее влияние указанных факторов на интенсивность теплообмена, по сравнению с хладагентами R404а и R407с проявляется у фреона R134а.
2. С увеличением плотности теплового потока, подводимого к греющей поверхности, существенно возрастает скорость парообразования.
3. Наибольшая зависимость коэффициента теплоотдачи от скорости парообразования проявляется у фреона R404а.
4. В режиме локального и развитого пузырькового кипения коэффициент теплоотдачи при кипении фреона R404а существенно выше, чем у фреонов R134а и R407с.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ КОНДЕНСАЦИИ НА ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПРОДОЛЬНО-ОРЕБРЕННЫХ ТРУБАХ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ УСТАНОВКАХ

Ю. А. Степанишина

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

Научный руководитель А. В. Овсянник

Способы интенсификации теплообмена при конденсации:

Осуществление капельной конденсации. В случае капельной конденсации коэффициент теплоотдачи в 5–10 раз больше, чем при пленочной. Однако устойчивый характер капельная конденсация имеет лишь в очень ограниченных случаях. Применение лиофобизаторов дает эффект лишь непродолжительное время. Химические соединения смываются с теплопередающей поверхности, а полимерные покрытия из-

за своей низкой теплопроводности должны иметь толщину в несколько микрон, они также через некоторое время отслаиваются или разрушаются. Покрытия из благородных металлов также подвержены этим явлениям, кроме того, чрезвычайно дороги;

Использование поверхностей с мелким оребрением способствует интенсификации процесса пленочной конденсации.

Вертикальная компоновка конденсаторов. Это объясняется тем, что при горизонтальном расположении трубного пучка конденсат, стекая с верхних рядов труб на нижнее, вновь попадает на теплопередающую поверхность ребер, что нерационально. Вертикальная компоновка к тому же является наиболее предпочтительной для целого ряда аппаратов химических, нефтехимических и газохимических производств.

Впервые метод интенсификации теплообмена при пленочной конденсации на вертикальной трубе за счет применения мелкорребристой поверхности был предложен Грегоригом в 1954 г. Поверхность строится таким образом, чтобы толщина пленки вдоль гребня не менялась. При конденсации пара на мелкорребристой вертикальной поверхности в пленке конденсата, находящейся на гребне волнистого профиля, под действием сил поверхностного натяжения возникает избыточное давление по отношению к давлению пара, во впадине волнистого профиля давление в пленке становится меньше, чем давление пара. Так в пленке возникает градиент давления, под действием которого жидкость стягивается с выступа во впадину, по которой она затем стекает под действием силы тяжести. На выступе же остается пленка очень малой толщины (см. рис. 1), за счет чего интенсивность теплообмена на этом участке поверхности и в целом по трубе значительно возрастает.

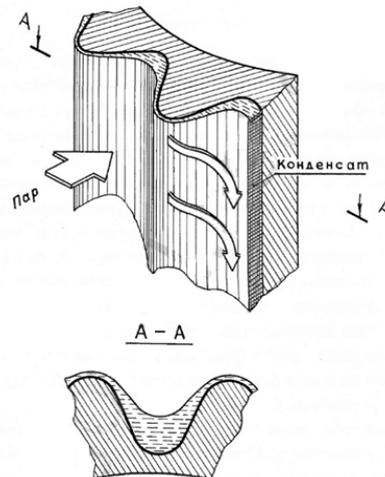


Рис. 1. Элемент вертикальной рифленой поверхности и распределение пленки конденсата на ней

Результаты экспериментов (рис. 2) свидетельствуют о том, что значения коэффициентов теплоотдачи при конденсации водяного пара на трубах с продольным мелковолнистым оребрением (расчетная кривая 1) в несколько раз превосходят значения, получаемые при конденсации на гладких трубах (расчет по формуле Нуссельта – кривая 2).

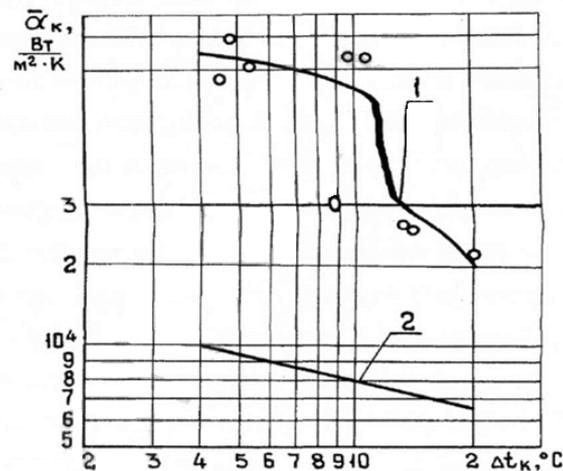


Рис. 2. Результаты исследования Р. Грегори

Хотя профиль волнистого гребня и является весьма эффективным с точки зрения теплообмена, поверхности Грегори не нашли широкого применения на практике, поскольку при их изготовлении требуется с высокой точностью выдерживать закон изменения кривизны поверхности от точки к точке. Каждое конкретное сочетание рабочего вещества и режимных параметров ведет к необходимости изготовления индивидуальной формы геометрии оребрения, что трудно реализовать на практике.

Более простой в изготовлении является круглая форма ребер. Теоретическое исследование процесса теплообмена при конденсации водяного пара на горизонтальных трубах проведено в работе А. П. Солодова и В. П. Исаченко. Результаты расчета представлены в работе в виде графической зависимости:

$$\text{Nu}(K_1 \cdot \text{We})^{-0,25} = f(L \cdot K_1^{-0,75} \cdot \text{We}),$$

где Nu – число Нуссельта; K_1 – число Кутателадзе; $L = \frac{R}{H}$; We – число Вебера.

Расчетная зависимость неудобна для практического использования, так как она дана не в аналитической форме и содержит в правой и левой части одни и те же комплексы. Начиная с некоторой высоты трубы, зависимость дает резкое уменьшение коэффициента теплоотдачи до значений, имеющих место на гладкой трубе, что обусловлено полным затоплением выступов. То есть зависимость пригодна только для расчета труб, высота которых совпадает с $H_{\text{кр}}$. Также зависимость неудовлетворительно отслеживает влияние изменения радиуса полуокружностей на средний коэффициент теплоотдачи.

Вертикальные трубы с продольными ребрами в виде полуокружностей с $R = 0,5$ мм и $R = 0,35$ мм экспериментально исследовались В. Г. Рифертом, Г. Г. Леонтьевым, С. И. Чаплинским. Опыты проводились на водяном паре. Интенсивность теплообмена в опытах на трубах с $R = 0,5$ мм и $R = 0,35$ мм оказалась практически одинаковой. Авторы объясняют этот факт тем, что на трубах с меньшим радиусом кривизны больше значение величин градиента давления от действия сил поверхностного натяжения, однако больше и относительное затопление поверхности. В результате отношение средних значений коэффициентов теплоотдачи для двух сравниваемых поверхностей оказывается близким к

единице. Полученный результат на практике мог явиться следствием и того, что фактический профиль после накатки, по существу, имел трапецеидальную форму.

Трапецеидальная форма оребрения исследовалась в работах Н. В. Зозули, В. А. Карху. Результаты экспериментов показали, что ребристые трубы с трапецеидальными ребрами не дают большой степени интенсификации теплообмена. При высоте трубы, 0,75 м средний коэффициент теплоотдачи, отнесенный к поверхности гладкой трубы был в 2,5–3,5 раза выше, чем для гладкой. Однако с учетом коэффициента оребрения это ненамного больше, чем на гладкой поверхности.

Еще более простыми и технологичными в изготовлении по сравнению с полукруглыми и трапецеидальными ребрами являются ребра со скругленными выступами и впадинами. Учитывая то, что изготовление таких труб освоено промышленностью, наибольший практический интерес представляет исследование именно этого типа поверхностей. На рис. 3 представлены сводные данные по интенсификации теплообмена при конденсации пара на вертикальных рифленых поверхностях, полученные при анализе результатов основных экспериментальных работ по данному вопросу. Все данные отнесены к значениям коэффициентов теплоотдачи при конденсации пара на гладкой поверхности, рассчитанные по формуле Нуссельта. Среднее по всей поверхности значение температурного напора на стороне конденсации определялось по показаниям термомпар, зачеканенным в стенку трубы. Для холодильных установок разность температур между теплообменивающимися средами в конденсаторах составляет 5–10 °С. На рис. 3 видно, что для данной области наибольшая степень интенсификации процесса от оребрения была достигнута Грегоригом по конденсации водяного пара (линия 1). Однако коэффициент поверхностного натяжения хладагентов в 7–9 раз больше чем у воды, поэтому соотношение между теплоотдачей оребренной и гладкой поверхностями для хладагентов будет меньше, что видно по положению линий 5 (хладагент R-11), 7 (хладагент R-113), 8 (изобутан).

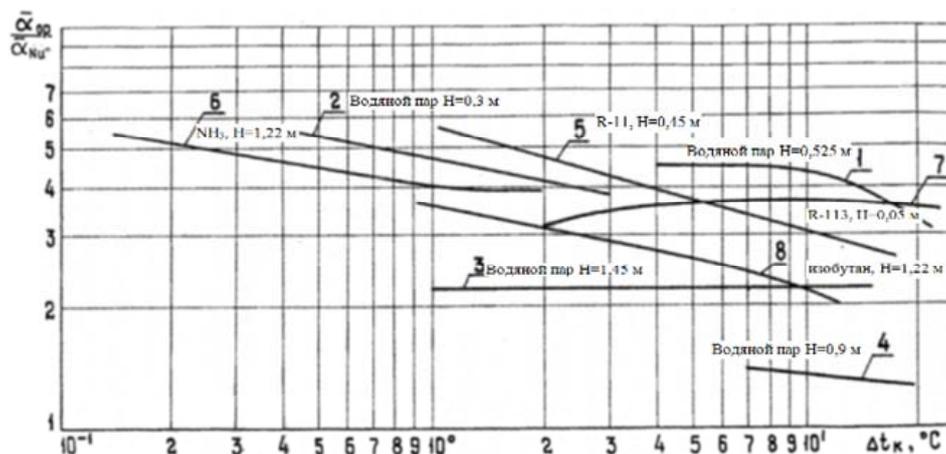


Рис. 3. Интенсификация теплообмена при конденсации пара на вертикальных рифленых поверхностях

Если сравнивать между собой методики определения коэффициента теплоотдачи оребренной поверхности, графическая интерпретация которых изображена линиями 5, 7, 8, то необходимо отметить следующее:

– линия 5 (исследования Х. Фуджи и Т. Хонды) – сопоставление результатов расчета весьма удовлетворительно согласуется с данными опытов по конденсации

R-11 на вертикальных трубах с $H = 0,446$ м. Однако расчет по методике очень трудоемок, что ограничивает возможности его практического применения.

– линия 7 (исследования В. Накаямы и С. Хирасавы) – несмотря на хорошую сходимость результатов экспериментов и их численного решения, авторы получили очень сильную зависимость коэффициента теплоотдачи от высоты поверхности и предложили оснащать поверхности с мелким продольным оребрением конденсаторо-отводящими устройствами (юбками). Этот результат находится в противоречии со всеми известными из литературы экспериментальными данными, которые свидетельствуют о том, что юбка не оказывает влияния на теплоотдачу.

– линия 8 (Д. Мишель и Р. Мэрфи) – сопоставление результатов экспериментов на горизонтальных и вертикальных трубах позволило авторам сделать вывод о том, что одиночные вертикальные трубы могут давать значение коэффициента теплоотдачи в 1,7 раза выше, чем одиночные горизонтальные. Предложили, в случаях, когда падение коэффициента теплоотдачи с ростом H существенно, использовать юбки.

Выводы

Применение вертикальных труб с мелким продольным оребрением является высокоэффективным методом интенсификации теплообмена при пленочной конденсации.

В литературе отсутствуют достаточно надежные и апробированные расчетные методики, пригодные для инженерных расчетов. Большинство из известных экспериментальных работ не содержит данных, необходимых для практического использования полученных результатов.

Большинство из известных экспериментальных данных относится к конденсации водяного пара.

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что профиль Грегориго и ребра со скругленными выступами и впадинами – наиболее эффективное оребрение. Более простыми и технологичными в изготовлении являются трубы со скругленными поверхностями выступов и впадин, получаемые методом накатки. Наибольший практический интерес представляет исследование именно этого типа поверхностей.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЕТА РАЗОМКНУТЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ПО ПОТЕРЕ НАПРЯЖЕНИЯ

Р. Б. Киселевич

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

Научный руководитель А. Г. Ус

Промышленные осветительные сети – это разомкнутые сети, они являются довольно протяженными, поэтому процесс расчета таких сетей является трудоемким. ЭВМ позволяют упростить эту задачу.

В настоящее время существует множество программ для расчета осветительных сетей. Но они не позволяют создать информационную модель электрической сети, рассчитать потокораспределение, учитывая взаимосвязи между ветвями.

Расчет электрической сети освещения заключается в определении сечения проводов и кабелей на всех участках групповой и питающей сети. Разомкнутая сеть представляет собой схему типа дерева. В такой схеме отрезки линий, заключенные между двумя номерами, называются участками или линейными ветвями схемы.

Алгоритмизация расчетов разомкнутой осветительной электрической сети производится на основе информационной модели, содержащей данные о конфигурации сети, параметрах схемы замещения ветвей, расчетных нагрузках узлов.

Для создания информационной модели электрической сети вводятся топологические и режимные данные.

Топологические данные представляют собой характеристики схемы сети – номера начала и концов участков сети, марки и длины проводов, тип и номинальную мощность трансформатора.

К режимным данным относятся напряжение источника питания, коэффициент загрузки трансформатора, нагрузки на участки сети.

Кроме топологических данных, для выполнения расчетов требуются каталожные данные по трансформаторам, проводам (кабелям), коэффициентам приведения моментов.

Расчет потоковораспределения, т. е. определение значений активной мощности, моментов, потерь напряжения на участках в схеме разомкнутой электрической сети представляет собой наиболее сложную задачу. Сложность состоит в том, что информация об участках сети вводится в память ЭВМ произвольно, а нагрузки линий необходимо разложить в строгом соответствии со схемой сети. Например: для схемы на рис. 1 (пример простейшей схемы) – потоки активной мощности, на участках схемы это величины P_{1-2} , P_{2-3} , P_{2-5} , P_{3-4} , P_{5-6} , P_{4-7} , P_{6-8} , P_{7-9} , P_{7-10} , P_{7-11} , P_{8-12} , P_{8-13} , P_{8-14} . Определение потоков мощности для данной схемы означает выразить $P_i = f(P_j)$.

Методический расчет потоковораспределения, моментов и потерь напряжения выполняется по-разному. Наиболее распространенным является метод вторых адресных отображений (*VAO*).

Смысл его состоит в том, что в начале программным путем строится специальный массив (массив вторых адресных отображений), который отражает взаимосвязи между отдельными участками схемы сети, а затем с помощью *VAO* легко определяются требуемые параметры. Тексты подпрограмм для формирования *VAO* и расчета потоковораспределения (*PTR*) и моментов (*PTRM*) приведены далее в тексте.

Перед началом работы *PTR* целесообразно заранее подготовить массив *POTP*. Общее число элементов в массиве равно общему числу участков схемы. Вид массива зависит от порядка ввода данных об участках сети.

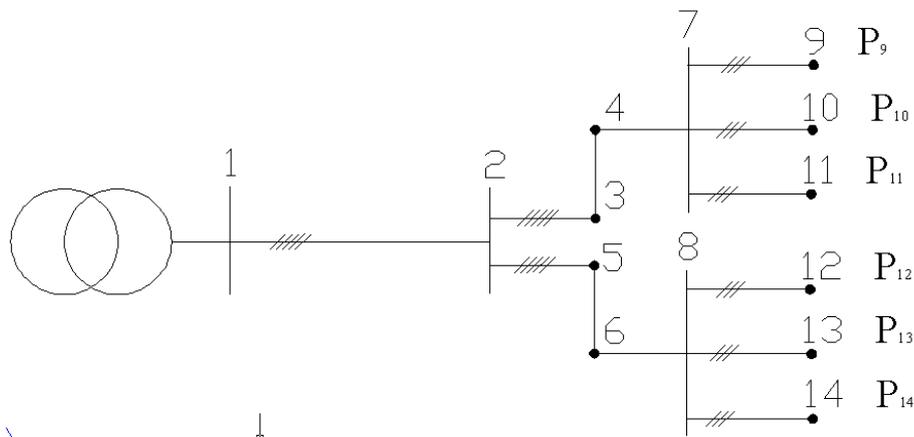


Рис. 1. Принципиальная схема осветительной сети

Общий вид массива *POTP* перед началом работы представлен в табл. 1

Таблица 1

Общий вид массива *POTP* перед началом работы подпрограммы *PTR*

$N_{n/n}$	N_n	N_k	<i>POTP</i>
1	1	2	0
2	2	3	0
3	3	4	0
4	4	7	0
5	2	5	0
6	5	6	0
7	6	8	0
8	7	9	P_9
9	7	10	P_{10}
10	7	11	P_{11}
11	8	12	P_{12}
12	8	13	P_{13}
13	8	14	P_{14}

Текст подпрограммы *VAO*. Назначение – формирование массива вторых адресных отображений (C++):

```
void VAO (int k, int nip, int*n1, int*mao)
int i=0, j=0;
{
  mao[0]=0;
  for (i=0; i<k; i++) if (n1 [i])!=nip)
    for (j=0; j<k; j++) if (n1 [i] = n2 [j]) mao [i]=j.
}
```

Далее производится расчет нагрузок участков.

Расчеты потокораспределения для схемы на рис. 1 представлены в табл. 2.

Таблица 2

Расчеты потокораспределения для схемы на рис. 1

$N_{n/n}$	N_n	N_k	<i>POTP</i>
1	1	2	$P_9 + P_{10} + P_{11} + P_{12} + P_{13} + P_{14}$
2	2	3	$P_9 + P_{10} + P_{11}$
3	3	4	$P_9 + P_{10} + P_{11}$
4	4	7	$P_9 + P_{10} + P_{11}$
5	2	5	$P_{12} + P_{13} + P_{14}0$
6	5	6	$P_{12} + P_{13} + P_{14}0$

Окончание табл. 2

$N_{н/п}$	$N_{н}$	$N_{к}$	ПОТР
7	6	8	$P_{12} + P_{13} + P_{14}0$
8	7	9	P_9
9	7	10	P_{10}
10	7	11	P_{11}
11	8	12	P_{12}
12	8	13	P_{13}
13	8	14	P_{14}

После расчета нагрузок линий программа рассчитывает допустимые потери напряжения. Расчет ведется по следующей формуле:

$$\Delta U_p = 105 - U_{\min} - \Delta U_T, \quad (1)$$

где 105 – напряжение холостого хода на вторичной стороне трансформатора, %; U_{\min} – наименьшее напряжение, допускаемое на зажимах источника света, % (принимается равным 95 %); ΔU_T – потери напряжения в силовом трансформаторе, приведенные к вторичному номинальному напряжению и зависящие от мощности трансформатора, его загрузки β и коэффициента мощности нагрузки, %.

Затем создается массив для расчета моментов и на каждом участке. Моменты рассчитываются по следующей формуле:

$$M_{пп} = \Sigma M + \alpha \Sigma m, \quad (2)$$

где ΣM – сумма моментов данного и всех последующих по направлению тока участков с тем же числом проводов в линии, что и на данном участке; Σm – сумма моментов, питаемых через данный участок линии с иным числом проводов, чем на данном участке; α – коэффициент приведения моментов (коэффициент приведения α выбирается машиной автоматически в зависимости от заданных в начале программы условий):

$$M_{пп1} = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6 + M_7 + M_8 + \alpha (M_9 + M_{10} + M_{11} + M_{12} + M_{13} + M_{14}).$$

После расчета моментов производится расчет сечения на первом участке по следующей формуле:

$$S = (\Sigma M + \alpha \Sigma m / C \Delta U_p), \quad (3)$$

где C – коэффициент, зависящий от материала провода и напряжения сети (значения всех коэффициентов в каталожных данных программы):

$$S_1 = M_{пп1} / C \Delta p.$$

В зависимости от рассчитанного сечения S_1 выбирается ближайшее стандартное и рассчитывается фактическая потеря напряжения:

$$\Delta U_{ф1} = M_{пп1} / C S_1.$$

Далее рассчитывается допустимая потеря напряжения на последующем участке:

$$\Delta U_{p1} = \Delta U_p - \Delta U_{\phi 1}.$$

Сечение на участке 2:

$$S_2 = M_{\text{пр}2} / C \Delta U_{p1}.$$

На всех последующих участках расчет выполняется аналогично.

Программа позволит производить более точные расчеты и экономить время.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ ВЫБОРА МОЩНОСТИ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А. Я. Пасканный

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

Научный руководитель А. Г. Ус

Приемники электрической энергии переменного тока, широко применяемые на промышленных предприятиях (в том числе электродвигатели, трансформаторы, преобразовательные устройства, газоразрядные лампы и др.) вместе с активной энергией потребляют из сети и реактивную энергию, которая необходима для создания переменного электромагнитного поля. Вызванные этим потоки реактивной мощности в электрических сетях предприятий приводят к дополнительным, не вызванным потребностями производства потерям активной энергии в линиях и трансформаторах и в ряде случаев могут вызывать недопустимые отклонения напряжения у потребителей.

Из-за некачественного напряжения снижается производительность электротермических установок, электротехнологических установок с вентильными преобразователями, осветительных установок, нарушаются режимы работы систем управления технологическими процессами, релейной защиты, автоматики.

Передача реактивной мощности по электрическим сетям вызывает их дополнительный нагрев, из-за которого происходит преждевременное старение изоляции электрооборудования, сокращается срок его службы.

В целях уменьшения потребления реактивной энергии из сети, а вместе с тем снижения нагрева распределительных кабельных линий, трансформаторов и, как следствие, повышения их эксплуатационной надежности и увеличения сроков службы, в сетях 0,4 кВ (в нагрузочных узлах) рекомендуется устанавливать батареи статических конденсаторов (БСК).

Применение БСК позволяет разгрузить собственные электрические сети предприятий по реактивной мощности, свести к минимуму потребление реактивной энергии из внешней сети.

На предприятиях, находящихся в эксплуатации продолжительное время, потребление реактивной мощности зачастую изменяется. Для выбора мощности компенсирующих устройств на таких предприятиях целесообразно принять критерий минимума потерь электроэнергии.

Исходной информацией для работы программы являются:

- данные об источнике питания;
- параметры линейных участков сети;

- параметры трансформаторов;
- параметры нагрузки.

К данным об источнике питания относится напряжение источника питания ($U_{ип}$).

Линия электропередачи характеризуется погонным активным и реактивным сопротивлением (R_0, X_0) и длиной линии (L).

Силовые трансформаторы обладают такими параметрами, как номинальная мощность трансформатора ($S_{ном}$), номинальное высокое и низкое напряжения ($U_{вн}, U_{нн}$), активное и реактивное сопротивления (R, X), потери холостого хода ($\Delta P_{хх}, \Delta Q_{хх}$).

Нагрузка характеризуется номинальным напряжением ($U_{ном}$), фактическими активными и реактивными мощностями (P, Q).

На рис. 1 показан интерфейс ввода исходных данных об источниках питания, силовых трансформаторах, линиях электропередачи и параметров участков сети.

Расчет

Источники питания

Наименование	Напряжение, кВ
ГПП	6

Провода

Марка	Активное сопротивление, Ом / км	Реактивное сопротивление, Ом / км	Допустимый ток, А
АСБ-150	0.204	0.077	275
ААШВ-95	0.354	0.084	204
ААШВ-70	0.427	0.089	187

Трансформаторы

Тип	Мощность, кВт	Напряжение к.з., %	Потери к.з., кВт	Потери х.х., кВт	Ток х.х., %
ТМЗ-1000	1000	5.87	11.2	3	2.5
ТМС-1600	1600	5.5	16	4	2.5

Ввести исходные данные

Исходные данные

Начало участка	Конец участка	Марка провода	Длина линии	Тип трансформатора	Втор. напряжение трансформатора	Активная нагрузка	Реальная нагрузка
ГПП	ТП-1	АСБ-150	2.3				
ТП-1	ТП-1 С1			ТМЗ-1000	0.4	540	215

Расчитать

Рис. 1. Интерфейс ввода исходных данных и параметров участков сети

После ввода данных об источниках питания, силовых трансформаторах и линиях электропередачи переходим к описанию участков схемы. При нажатии на кнопку «Ввести исходные данные» открывается таблица, где вводятся параметры участков сети.

К параметрам участка сети относятся:

- начало участка;
- конец участка;
- марка провода;
- длина линии;

- тип трансформатора;
- вторичное напряжение трансформатора;
- активная нагрузка;
- реактивная нагрузка.

Активная и реактивная нагрузки вводятся на основе замеров этих величин на реально существующих трансформаторных подстанциях, и вводятся в программу только в трансформаторные участки сети.

Основная сложность разработки программы заключается в том, что информация об участках сети вводится в произвольном порядке, а нагрузки трансформаторов необходимо разложить в строгом соответствии со схемой сети. Для этого в программе будет применен метод вторых адресных отображений.

Смысл метода вторых адресных отображений состоит в том, что в начале программным путем строится специальный массив (массив вторых адресных отображений), который отображает взаимосвязи между отдельными участками схемы сети.

Когда массив вторых адресных отображений сформирован, программа приступает к расчету мощностей, протекающих по участкам сети в исходном режиме, используя связи в массиве.

После завершения расчета потокораспределения рассчитываются потери активной мощности и годовые потери электроэнергии из-за протекания по участкам сети реактивной мощности.

Потери активной мощности в трансформаторных и линейных участках сети от передачи по ним активной и реактивной составляющих мощности рассчитываются по следующим формулам:

$$\Delta P_p = \frac{P_i^2}{U^2} R_i; \quad (1)$$

$$\Delta P_Q = \frac{Q_i^2}{U^2} R_i, \quad (2)$$

где ΔP_p – потери активной мощности в трансформаторе (линии) от передачи активной мощности; ΔP_Q – потери активной мощности в трансформаторе (линии) от передачи реактивной мощности; P_i и Q_i – соответственно, потоки активной и реактивной мощностей через трансформатор (линию) i -го участка сети; U – напряжение обмотки ВН трансформатора (линии); R_i – активное сопротивление трансформатора (линии) i -го участка сети.

Годовые потери электроэнергии в сети от передачи по ним активной и реактивной составляющих мощности рассчитываются по следующей формуле:

$$\Delta W_{\text{год}} = \Delta P_Q \tau, \quad (3)$$

где $\Delta W_{\text{год}}$ – потери активной мощности от передачи реактивной мощности, кВт; τ – время максимальных потерь, ч.

Время максимальных потерь определим по эмпирической формуле:

$$\tau = (0,24 + T_{\text{max}} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760, \quad (4)$$

где T_{\max} – время использования максимума нагрузки.

Далее программа подбирает значение мощности БСК, чтобы минимизировать потери активной мощности в трансформаторе (линии) от передачи реактивной мощности.

Когда определены значения мощностей БСК для всех трансформаторных участков сети, программа пересчитывает потокораспределение мощностей, потери активной мощности и годовые потери электроэнергии из-за протекания по участкам сети реактивной мощности.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОМЕЛЬСКОЙ ТЭЦ-2

С. А. Киреенко

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

Научный руководитель М. Н. Новиков

Эффективность процесса охлаждения оборотной воды в градирнях в основном определяется насадочными устройствами (оросителями), которые должны обеспечить необходимую поверхность контакта фаз при минимально возможных аэро- и гидродинамическом сопротивлении, а также способствовать свободному перераспределению восходящего воздушного потока по своему объему и поддерживать устойчивое пленочное течение охлаждаемой воды.

Как показывает опыт, использование полимерных материалов и композиций на их основе, технологические характеристики которых значительно превосходят аналогичные у традиционных материалов, в совокупности с высокопроизводительными и технологичными способами для изготовления оросителей может значительно повысить их эффективность и эффективность тепломассообменных процессов охлаждения оборотной воды в целом.

На основании проведенного анализа конструкций оросителей градирен можно утверждать, что наиболее перспективным элементом для изготовления блоков оросителя является сетчатая структура.

С точки зрения интенсификации процессов тепломассообмена пленочный режим течения оборотной воды по поверхности оросителя является наиболее эффективным.

Обеспеченность электрической мощности ТЭЦ со стороны СТВ

Расчеты по определению располагаемой конденсационной мощности ТЭЦ после реконструкции градирен показали, что для обеспечения конденсационной мощности ТЭЦ в летний период года (работа трех энергоблоков, в том числе одного – с теплофикационным отбором, или двух – в конденсационном) необходимо повышение охлаждающей эффективности градирен примерно на 4 °С по сравнению с фактической охлаждающей способностью градирен.

При несении тремя энергоблоками конденсационной нагрузки ограничение мощности ТЭЦ (менее 630 МВт) наступает при температуре наружного воздуха выше 7,4 °С, 6,3 °С и 5,4 °С – соответственно, при влажности воздуха 50, 70 и 90 %. При переводе энергоблока № 3 в теплофикационный режим ограничение мощности будет наступать при температуре воздуха выше 9 °С и относительной влажности (ϕ), равной 70 %.

При значениях температуры наружного воздуха $+18,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 70 % (среднемесячные метеофакторы для самого жаркого месяца года – июля) СТВ обеспечивает мощность ТЭЦ при работе трех энергоблоков в конденсационном режиме не более 510 МВт. При работе двух энергоблоков в конденсационном режиме и одного энергоблока в теплофикационном обеспечиваемая СТВ суммарная мощность составляет не более 560 МВт.

В режимах работы ТЭЦ с двумя энергоблоками (в конденсационном режиме) и двумя работающими градирнями ограничение мощности электростанции (менее 420 МВт) наступает при температуре наружного воздуха выше $22,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\varphi - 70\%$).

Повышение охлаждающей эффективности градирен на $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ практически исключает ограничения мощности ТЭЦ при работе двух энергоблоков в конденсационном режиме и позволяет обеспечить работу трех энергоблоков при смешанном режиме работы (один – с теплофикационным отбором 80 Гкал/ч) при средних значениях метеофакторов для самого жаркого месяца года.

Для повышения тепловой эффективности градирен № 1 и № 2 Гомельской ТЭЦ-2 предусматривается:

- замена оросителя;
- реконструкция водораспределительной системы;
- система зимнего обогрева
- устройство перемычки между сливными магистральными циркуловодами.

Замена оросительного устройства

Предусматривается замена асбестоцементного оросителя на ороситель из полиэтиленовых блоков.

К установке принимается решетчатый двухъярусный ороситель общей высотой 0,9 м. Нижний ярус оросителя устанавливается на арматурную сетку. Передвижения людей – по деревянным настилам, укладываемым на ороситель.

Мировой практикой установлено, что по экономическим, тепловым и аэродинамическим показателям максимальный эффект в полимерных конструкциях достигается в оросителях, имеющих решетчатую структуру.

Реконструкция водораспределительной системы

Использование низконапорных водоразбрызгивающих сопел с разбрызгиванием вниз позволяет при низких напорах воды перед ними обеспечить необходимую площадь орошения и эффективность разбрызгивания.

При установке сопел с разбрызгиванием вниз предотвращаются отложения в трубах водораспределительной системы.

Система зимнего обогрева

Наиболее эффективным методом предотвращения обледенения и регулирования температуры охлажденной воды после градирни является комбинированный метод – одновременное создание водяной завесы и установка поворотных щитов на воздухоподводящих окнах градирни.

Создание водяной завесы при комбинированном методе исключает обмерзание технологических и конструктивных элементов по периферии градирни от потоков холодного воздуха, который прорывается через зазоры в щитах.

Перемычка между сливными циркуловодами

Из-за особенностей схемы подключения сливных трубопроводов после конденсаторов турбин к магистральным сливным циркуловодам происходит неравномерное распределение расходов воды между градирнями, а также между половинами каждой из градирен.

Для уменьшения неравномерности распределения потоков воды между охладителями и сливными магистральными циркуловодами была установлена перемычка.

Технико-экономическое обоснование представлено в таблице.

Технико-экономическое обоснование

Наименование показателя	Обозначения	Единица измерения	Величина
Снижение температуры охлажденной воды после реконструкции градирни	$\delta t_{гр}$	°С	4
Число часов работы электростанции в году при стоянии положительных температур наружного воздуха	τ	ч/год	6147,84
Изменение мощности турбоагрегата от изменения давления в конденсаторе на 0,01 кгс/см ²	ΔN	МВт	1,06
Температура насыщения отработавшего пара в конденсаторе турбины:			
– до реконструкции;	t'_1	°С	37,3
– после реконструкции	t'_2	°С	33,6
Абсолютное давление отработавшего пара в конденсаторе турбины:			
– до реконструкции;	P'_1	кгс/см ²	0,065
– после реконструкции	P'_2	кгс/см ²	0,053
Дополнительная выработка электроэнергии за счет повышения охлаждающей эффективности водо-охлаждающих устройств градирен	$\Delta Э$	МВт · ч	7820
Годовая экономия топлива	ΔB	т у. т.	2190

Повышение охлаждающей эффективности градирни № 1 на 4 °С за период года с положительными температурами наружного воздуха позволит дополнительно выработать 7,8 млн кВт · ч электроэнергии. Экономия топлива за счет улучшения вакуума в конденсаторах турбин – 2190 т у. т./год.

Выполненная реконструкция водоохлаждающего устройства градирни № 1 обеспечила увеличение располагаемой мощности ТЭЦ примерно на 40 МВт в сравнении с состоянием до реконструкции (2006 г.) при смешанном режиме работы трех энергоблоков (один – с теплофикационным отбором (100 Гкал/ч) и два – в конденсационном режиме) и средних значениях метеофакторов для самого жаркого месяца года.

При более высоких температурах наружного воздуха (до 30 °С) и условиях, указанных выше, прирост располагаемой мощности ТЭЦ или уменьшение величины ограничения мощности достигает 52 МВт.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ТЕПЛОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КАБЕЛЯ

А. А. Мороз, Р. И. Бектимиров

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

Научный руководитель А. А. Капанский

Как правило, основу городских электрических сетей среднего напряжения, питающих жилые и промышленные здания, составляют кабельные линии, протяженность которых с каждым годом непрерывно увеличивается. Силовые кабели, предназначенные для передачи и распределения электрической энергии, занимают первое место в структуре выпуска всех типов кабельных изделий [1].

В процессе эксплуатации происходит нагрев силового кабеля из-за потерь активной мощности в его жиле и других элементах. Предельно допустимые токовые нагрузки зависят от допустимой температуры нагрева кабеля или провода в процессе эксплуатации, при которой изоляция не будет подвергаться ускоренному старению или снижению механической прочности и эластичности [2]. Под допустимой температурой нагрева кабеля понимают температуру токопроводящей жилы, при которой нагрев изоляции не будет превышать значений, установленных ПУЭ. Тепловой расчет кабеля сводится к определению температуры токоведущей жилы с учетом потерь тепловой энергии во всех его элементах (основная изоляция, защитная оболочка, броня, окружающая среда) [3].

В процессе проведения теплотехнических расчетов по определению температуры кабеля, находящегося под нагрузкой, необходимо уделить особое внимание расчету тепловых сопротивлений. Величина теплового сопротивления изоляции зависит как от геометрических размеров кабеля, так и его конструкции. Для математического описания конструкции кабеля в расчетах теплового сопротивления вводится параметр «геометрический фактор», который для большинства типов кабелей необходимо определять весьма трудоемким способом. Расчет теплового сопротивления окружающей среды является достаточно сложной задачей, поскольку для корректного описания математической модели необходимо учитывать множество факторов (число кабелей, место и способ прокладки, характер нагрузки и др.). Для нахождения значений тепловых сопротивлений кабеля зачастую приходится вычислять искомые величины итерационным путем, что доставляет значительные неудобства в скорости и качестве расчета.

Рассмотренные выше требования показывают сложность проведения вычислений теплового сопротивления кабеля в целом. Инженерные расчеты без использования ЭВМ могут приводить к погрешностям при определении теплового сопротивления кабеля, что, в свою очередь, приводит к погрешности в определении допустимой токовой нагрузки. В связи с этим ставится задача разработки программного обеспечения, позволяющего без значительных затрат труда производить расчет теплового сопротивления элементов кабеля и окружающей среды.

В рамках решения поставленной задачи в соответствии с методикой расчета, приведенной в ГОСТ Р МЭК 60287-2-1–2009, на кафедре «Электроснабжение» ГГТУ им. П. О. Сухого авторами была разработана компьютерная программа «Thermal resistance» (тепловое сопротивление), позволяющая производить расчет внутреннего и внешнего тепловых сопротивлений кабелей, проложенных на воздухе, в каналах и земле. Внешний вид главного окна разработанной программы представлен на рис. 1.

Компьютерная программа «Thermal Resistance» предназначена для решения следующих задач:

- расчета теплового и термического сопротивления на фазу между жилой и оболочкой;
- расчета теплового и термического сопротивления между оболочкой и броней;
- расчета теплового и термического сопротивления наружного защитного покрытия;
- расчета теплового и термического сопротивления окружающей среды;
- расчета теплового и термического сопротивления между кабелем и каналом (трубой);
- расчета теплового и термического сопротивления канала (трубы);
- расчета внешнего теплового и термического сопротивления среды, окружающей канал (трубу).

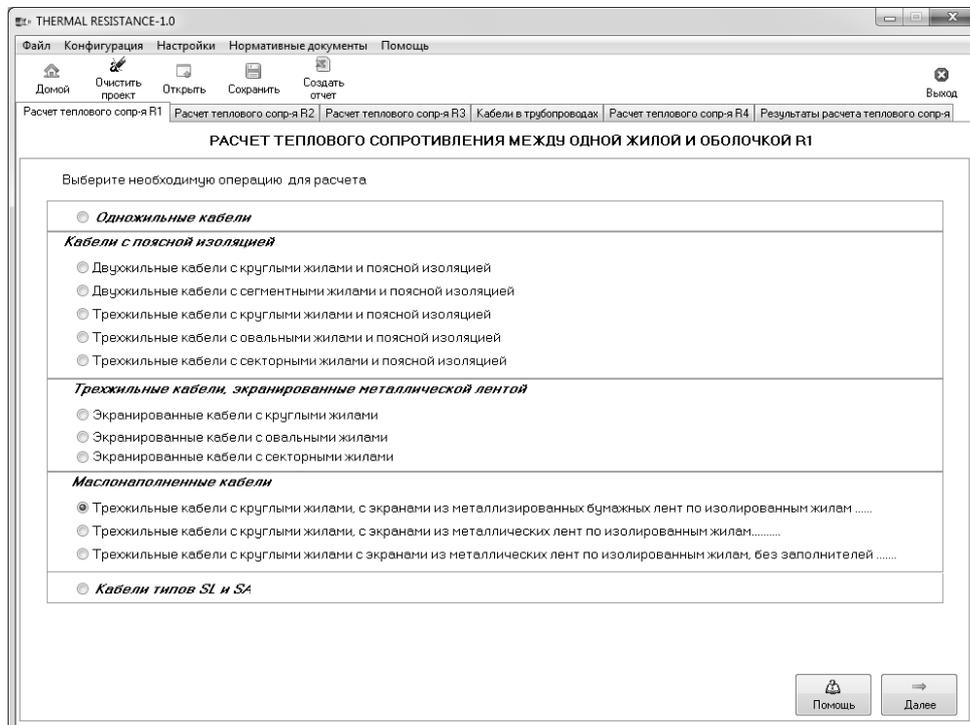


Рис. 1. Внешний вид главного окна компьютерной программы «Thermal resistance»

Расчетная часть программы написана на языке Delphi диалекта Object Pascal. В большинстве случаев расчет теплового сопротивления основной изоляции, защитной оболочки, брони и окружающей среды в программе производится после того, как выполнилось событие нажатия кнопки «Выполнить». После выполнения данного события программа выводит сообщение о результатах расчета и предлагает пользователю перейти к выполнению расчета теплового сопротивления оставшихся элементов, составляющих кабель. Если все вычисления произведены, осуществляется переход на вкладку «Результаты расчета теплового сопротивления», где сведены результаты всех предшествующих расчетов и значение результирующего теплового сопротивления, составляющее сумму тепловых сопротивлений отдельных элементов кабеля.

Значения вводимых исходных данных кабеля автоматически определяются программой как глобальные, что позволяет опустить процедуру повторного ввода тех или иных параметров в дальнейших расчетах.

В разработанной программе предусмотрена база данных удельных тепловых сопротивлений материалов кабеля, созданная при помощи средств пакета MS Access. Она включает в себя более двадцати единиц различных изоляционных материалов и защитных покрытий, а также предусматривает возможность добавления и удаления собственных данных.

В разработанной программе можно как сохранять, так и открывать ранее введенные параметры кабеля. Настройки программы позволяют оперировать цветовой схемой интерфейса и точностью выводимых результатов. В разделе «Нормативные документы» сведены основные стандарты, необходимые для выполнения расчетов по определению номинальных токовых нагрузок кабелей и тепловых сопротивлений.

При выполнении команды «Создать отчет» происходит вывод данных в электронную таблицу для программы MS Excel. Сформированный отчет состоит из таблиц с исходными данными и результатами расчетов тепловых и термических сопротивлений, находящимися на пяти листах программы MS Excel.

Основные преимущества компьютерной программы «Thermal Resistance» – это точность и оперативность производимых вычислений, а также простота пользовательского интерфейса.

Также программа может быть использована для окончательной оценки нагрузочной способности силового кабеля, выбранного в проекте, путем расчета температуры жилы в соответствии с [2] по следующей формуле:

$$\theta = P \cdot \sum_i R_i,$$

где P – суммарные потери активной мощности в кабеле в режиме аварийных перегрузок; R_i – тепловые сопротивления, рассчитанные программой «Thermal Resistance».

Если значение θ не входит в диапазон допустимого, то это говорит о недоработках в проекте.

На этапе эксплуатации программа «Thermal Resistance» может быть использована в составе программного обеспечения устройства для диагностирования силового кабеля по тепловым параметрам [4].

Программа позволяет автоматизировать процесс расчета тепловых сопротивлений элементов кабеля. Автоматизация расчета, учитывающая различные условия прокладки кабеля, позволит инженеру обоснованно производить выбор токоведущих частей на стадии проектирования и при эксплуатации систем электроснабжения.

Разработанная программа может быть применена для автоматизации производственных расчетов на предприятиях, в проектных организациях, а также в рамках учебного процесса студентов вузов.

Гибкость пользовательского интерфейса, производительность и адаптивность позволяет в дальнейшем рассматривать вопрос о развитии функциональных возможностей программы.

Литература

1. Силовые кабели на напряжение 10–500 кВ: история развития и перспективы / Г. И. Мещанов [и др.] // Науч.-практ. журн. «Наука и жизнь». – 2006. – № 3. – С. 18–24.

2. ГОСТ Р МЭК 60287-1-1–2009. Кабели электрические. Вычисление номинальной токовой нагрузки. Ч. 1-1. Уравнения для расчета номинальной токовой нагрузки (100-процентный коэффициент нагрузки) и расчет потерь. Общие положения.
3. Зализный, Д. И. Математическая модель тепловых процессов одножильного силового кабеля / Д. И. Зализный, С. Н. Прохоренко // Изв. высш. учеб. заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика. – 2012. – № 5. – С. 25–34.
4. Пат. 7281 Респ. Беларусь, МПК (2011) H02H6/00. Устройство для выявления аномального нагрева одножильного силового кабеля / Д. И. Зализный, Д. М. Лось. – заявл. 3.11.2010 ; опубл. 30.06.2011. – 4 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОАСОСНЫХ УСТАНОВОК

А. А. Нижников

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

Научный руководитель А. В. Овсянник

Наряду с непосредственным совершенствованием термодинамических циклов и схемных решений ТН, большое значение для повышения их энергетической, а также непосредственно связанной с ней эколого-экономической эффективности имеют оптимальные условия использования ТН различного типа в составе действующих и перспективных систем теплоснабжения. Можно выделить следующие взаимосвязанные факторы, прямым образом влияющие на конкурентоспособность ТНУ, их сравнительную эффективность:

1. Среднегодовой коэффициент преобразования:

$$\varphi_{\text{год}}^{\text{ТНУ}} = Q_{\text{год}} / N_{\text{год}},$$

где $Q_{\text{год}}$ – количество тепловой энергии, отпущенной потребителю от ТНУ; $N_{\text{год}}$ – количество электрической или механической энергии или их эквивалента в тепловой энергии, затраченной в сумме на обеспечение работы приводов ТН и систем, обеспечивающих подачу и отвод соответствующих теплоносителей. Увеличение ТНУ значения среднегодового коэффициента преобразования повышает экономическую эффективность работы, уменьшает экологическую нагрузку на окружающую среду при выработке электроэнергии для приводов ТНУ. Данный показатель определяется режимными показателями работы.

2. Среднегодовой коэффициент загрузки установленной мощности ТН:

$$K_{\text{год}} = \frac{Q_{\text{год}}}{Q_{\text{расч}}^{\text{ТНУ}} \cdot 8760},$$

где $Q_{\text{расч}}$ – номинальная паспортная установленная мощность теплонасосного оборудования, входящего в состав ТНУ, включая резервные ТН. Конкурентоспособность ТНУ как альтернативного теплоисточника даже при высоких значениях среднегодового коэффициента преобразования будет низкой, если дорогостоящее основное оборудование ТНУ будет мало производить тепловой энергии нужного для потребителя качества. Резервирование ТН резко снижает эффективность ТНУ.

3. Качественный, температурный уровень тепловой энергии, удовлетворяющий ее потребителя. Взаимосвязь количества производимой тепловой энергии и ее коммерческого температурного уровня определяются характеристиками рабочего тела, конструктивными особенностями ТН и режимами работы системы теплоснабжения. В общем

случае эффективность всех видов ТН, за исключением термоэлектрического типа и сорбционного типа, снижается с ростом температуры производимого тепла.

4. Среднегодовой коэффициент использования первичной энергии:

$$\text{КПЭ}_{\text{год}} = \varphi_{\text{год}}^{\text{ТНУ}} \cdot \eta_{\text{год}}^{\text{привод}},$$

где $\eta_{\text{год}}^{\text{привод}}$ – суммарный коэффициент полезного действия при выработке и доставке до приводных устройств ТНУ механической или электрической энергии от энергоисточника.

5. Фактор системности ТНУ. Определяет позитивную роль ТН в общей цепочке преобразования энергии во взаимосвязи с другими энерго- и теплоисточниками. При их сопряжении возникают положительные системные эффекты, повышающие конкурентоспособность всей системы. Положительная роль этого фактора, например, проявляется в возможности использования абсорбционных ТНУ в составе низкотемпературных систем централизованного теплоснабжения от ТЭЦ или совместные системы ПКТН с газопоршневыми или газотурбинными энергоустановками, а также другими нетрадиционными энергоисточниками. В связи с этим представляется важным проанализировать положительные и отрицательные моменты существующих и перспективных теплоснабжающих систем на базе ТН различного типа.

Моновалентные системы. В таких системах один или группа ТН обеспечивают потребителей теплом необходимого количества и качества. Резервирование или частичное участие других теплоисточников в выработке тепла не предусматривается. В расчете на моновалентные системы обычно производится ориентация крупных региональных и отраслевых целевых программ по внедрению серийной теплонасосной техники с целью достижения масштабного энерго- и ресурсосберегающего эффекта. Преимущества: максимальная экономия органических видов топлива, так как вся тепловая нагрузка обеспечивается только посредством ТНУ; отсутствие вредного воздействия на окружающую среду на локальном уровне; замещение в местном топливном балансе больших объемов ископаемых видов топлива на возобновляемые и вторичные источники. Недостатки: снижение общей надежности теплоснабжения (один теплоисточник); высокие требования к энергоснабжающей инфраструктуре (электрические сети, трансформаторные подстанции, повышение категорийности энергоснабжения и др.); высокие требования к стабильности и производительности низкопотенциальных источников тепла; непроизводительное увеличение капитальных затрат на резервирование работающих ТН и усложнение схемы ТНУ; уменьшение среднегодового коэффициента загрузки установленной мощности рабочих и резервных ТН; увеличение срока окупаемости и снижение инвестиционной привлекательности и конкурентоспособности. На первый взгляд, такой моновалентный подход представляется не совсем оправданным, так как изначально предполагает большие капитальные затраты на реализацию. Однако при этом в полной мере могут быть реализованы энергетические и экологические преимущества теплоснабжающих систем на основе ТН.

Комбинированные теплопроизводящие установки (КТУ). Здесь ТН работают совместно с другими традиционными теплопроизводящими устройствами (электрокотлами, топливными котельными и др.). Преимущества: повышение надежности существующей системы теплоснабжения (два и более теплоисточников на разных видах топлива); возможность работы ТН с максимально высокими значениями среднегодового коэффициента использования установленной мощности; оптимальная

подстройка установленной мощности и режимов работы под возможности существующих низкопотенциальных источников тепла; менее жесткие требования к энергообеспечению; повышение инвестиционной привлекательности теплонасосной техники. Недостатки: сохраняется традиционная технология производства тепла; возникает зависимость от существующей технологии в части качества и количества отпускаемой тепловой энергии (необходимость подстройки под график и тепловые нагрузки); зависимость от органического топлива и большее загрязнение окружающей среды по сравнению с одновалентными теплоисточниками.

Системы когенерации и тригенерации. Здесь ТНУ на базе ПКТН и АБТН являются составной частью комплекса по комбинированному производству тепла (холода) и электроэнергии. Природный газ и биогаз – экологически чистые виды топлива, определяющие общую экологическую безопасность всего комплекса жизнеобеспечения. Преимущества: можно использовать часть вырабатываемой электрической энергии и тепла выхлопных газов для догрева воды после конденсатора ПКТН перед отпуском ее потребителю. При необходимости тепло выхлопа может быть также использовано для подогрева воды низкопотенциального источника (очень холодной речной или озерной воды) на входе в испарители ПКТН и АБТН.

Экологически чистая комбинированная система жизнеобеспечения на базе природного газа и тепла возобновляемых источников. Для АБТН тепло выхлопа с температурой выше 300 °С является источником высокопотенциального тепла. Использование в межотопительном периоде выхлопных газов газотурбинных и газомоторных установок для работы АБХМ позволяет реализовать принцип тригенерации (тепло + холод + электроэнергия). Роль ТН в таких системах – повышение эффективности использования первичной энергии топлива в виде природного и других горючих газов для выработки электроэнергии в системах децентрализованного энергоснабжения. Недостатки: высокая капиталоемкость оборудования. Для обеспечения конкурентоспособности необходимо обеспечить высокое значение среднегодовой загрузки установленной мощности всего комплекса оборудования.

Перспективные схемы ТНУ в централизованном теплоснабжении. Тепловые насосы абсорбционного и парокомпрессионного типов могут использовать тепло обратной сетевой воды, поступающей на городские и промышленные ТЭЦ, утилизируя потенциал тепла «перетопа». Преимущества: можно использовать в качестве низкопотенциального тепла недоиспользованное потребителем до установленных нормативов количество тепла для получения теплоносителя более высокой температуры. По своим параметрам здесь должны применяться в ПКТН высокотемпературные рабочие тела (R-600a, R-142b и др.), обеспечивающие получение горячей воды на уровне до 95...100 °С. Появляется возможность стабилизации температуры подачи теплоносителя от ТЭЦ и к ТЭЦ на более низком уровне, снижения за счет этого потерь при транспортировке и повышения выработки на ТЭЦ электроэнергии. Недостатки: для реализации схемы необходимо решить вопрос реальной стоимости тепла такого низкопотенциального источника. Требуется природный газ для работы кварцальных АБТН или электроэнергия для ПКТН.

Тепловые насосы с гидроприводом. В качестве привода для ПКТН нового поколения могут применяться гидротурбины, использующие потенциальную или кинетическую энергию воды. Это фактически на 100 % экологически чистый теплоисточник для рекреационных зон. В настоящее время технологии малых гидротурбин получили широкое развитие в России и за рубежом, что позволяет рассматривать такие ТН в качестве реальной экологической альтернативы традиционным теплоисточникам. Также определенный интерес представляют ТНУ с пневмоприводами и

паровыми приводами, которые могут быть использованы взамен дроссельных устройств в газовых и паровых сетях. Преимущества: полная экологическая чистота, возможность утилизации тепла воды нижнего бьефа плотинных гидроэлектростанций в любое время года. Недостатки: затраты в строительство плотин. ТН с гидроприводом должен размещаться в непосредственной близости от гидропривода, что значительно сужает область его практического применения по сравнению ТН с электрическим или газомоторным приводами. Гидроприводы на основе бесплотинных гидроагрегатов маломощны и имеют ограниченную сферу практического применения.

Этот перечень примеров теплоснабжающих систем на основе ТН может быть продолжен. Его подробное исследование носит самостоятельный характер и целесообразно в рамках задач оптимизации энергетических систем и комплексов. С учетом целей и задач настоящего исследования рассматриваем только наиболее важные для практики научные аспекты, имеющие непосредственное отношение к повышению эффективности ТН и теплоисточников на их основе.

ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В. О. Барзыкин

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

Научные руководители: Т. В. Алферова, А. А. Алферов

К потребительским качествам электроснабжения относится способность системы к обеспечению надежного питания потребителей.

Система электроснабжения в любой рассматриваемый период времени может находиться в одном из следующих состояний: рабочем, плановом ремонте, аварийном простое и резерве.

С точки зрения потребителя надежность электроснабжения определяется длительностью и частотой перерывов в подаче электроэнергии. Для отдельного потребителя, питающего по радиальной линии, плановые и неплановые ремонты, также как и аварийные, связаны с перерывом электроснабжения, поэтому длительность плановых ремонтов служит одним из показателей надежности.

Для потребителей, у которых ущерб меняется в зависимости от длительности простоя, необходимо, чтобы время восстановления питания не превышало заданное. Не случайно, в число показателей безотказности для электроэнергетических систем введен такой показатель, как максимально допустимое время перерыва электроснабжения, под которым подразумевается допустимое время нарушения электроснабжения потребителей, еще не приведшее к срыву его технологического процесса.

Термин «надежность» по содержанию является многоплановым (сложным). Поэтому отечественные ГОСТы и зарубежные иностранные нормативы определяют его через набор качественных понятий, таких, как безотказность, долговечность, ремонтпригодность (ремонтоспособность), работоспособность, сохраняемость.

В качестве основных параметров математической модели надежности функционирования оборудования можно использовать наработку на отказ и среднее время восстановления, что позволяет охарактеризовать безотказность и долговечность оборудования.

Нарботка электрооборудования на отказ зависит от внешних и внутренних возмущающих факторов; природа первых не зависит от свойств электрооборудования, вторых – обусловлена его свойствами. Поэтому режим работы электрооборудования и его

реакцию на этот режим необходимо оценивать статистически, т. е. одновременно учитывать случайное значение нагрузки и случайную реакцию оборудования на эту нагрузку. Одним из возможных способов реализации прогноза в условиях неопределенности исходной информации является вероятностный подход. Такой подход к оценке вероятности отказа элементов реализуется учетом статистической информации о различных типах отказов, полученных в результате обследований. Значения результирующей вероятности безотказной работы и интенсивности отказов системы с учетом эксплуатации и без нее различны в несколько раз. Это является, как правило, следствием сделанных при ориентировочных расчетах допущений: анализируемая система, как правило, структурно является последовательной; условия эксплуатации не учитываются; отказы элементов независимы; модели отказов любых элементов полагаются экспоненциальными [1].

Целью работы является применение аналитического и статистического инструментария для определения основных показателей надежности электрооборудования и электрических систем с учетом изменяющихся условий эксплуатации. Изучение динамики закономерностей показателей надежности объектов во времени позволит с минимальной затратой времени и ресурсов обеспечить необходимую продолжительность и эффективность их работы.

При этом можно выделить следующие основные задачи исследования:

- анализ значений показателей надежности объектов, а также динамики их изменения во времени;
- синтез систем по заданным критериям надежности;
- обеспечение и повышение надежности объектов.

В зависимости от информационной составляющей исследуемого объекта и возможности проведения статистических испытаний [2] выполнены разные подходы по определению параметров надежности: имеются данные по параметрам надежности объектов исследования в необходимом объеме; отсутствуют сведения по параметрам надежности, но существует возможность проведения статистических испытаний в необходимом для исследования объеме и дальнейшей обработки в программах статистического анализа; отсутствуют сведения по параметрам надежности и отсутствует возможность проведения статистических испытаний.

Программный инструментарий включает в себя следующие элементы: шаблон исходных данных элементов исследуемого объекта и библиотеку реализованных элементов (*ibibl. elementov*); шаблон данных параметров моделирования в виде номинальных величин и отклонений от них (*parametr. modelirov*); дерево возможных связей между элементами; шаблон влияния различных факторов в виде процедуры аналитической зависимости для каждого элемента системы между показателями надежности и параметрами моделирования.

Шаблон исходных данных элементов исследуемого объекта и библиотека реализованных элементов представляет собой созданную по результатам предшествующих испытаний базу данных элементов, из которой исследователь может выбрать нужный элемент для создания структуры объекта. В случае известных показателей надежности заполняется пустой шаблон элемента, в случае наличия в библиотеке базы нужного элемента используется имеющийся.

Шаблон данных параметров моделирования реализован в виде номинальных величин и отклонений от них в программах электрического моделирования (*Multisim, MathCAD, Excel*) как генератор сигнала с возможностью изменять его параметры в процессе моделирования.

Дерево возможных связей между элементами выполнено процедурами, основанными на аналитических зависимостях показателей надежности при различном

включении (последовательное и параллельное) и преобразовании сигнала в зависимости от назначения элемента.

Шаблоны влияния различных факторов в виде аналитических зависимостей каждого элемента системы между показателями надежности и параметрами моделирования позволяют учитывать воздействие внешней информационной составляющей. В качестве такой информации могут служить напряжение и величина его отклонения от номинального значения, сила тока, частота. При учете влияния окружающей среды на работоспособность электрического оборудования существует дополнительное поле для учета температуры, влажности и других влияющих факторов.

Практическое применение результатов исследования заключается в создании обоснованных предпосылок определения основных показателей надежности электрических систем при воздействии различных факторов. Результаты исследования позволяют: прогнозировать показатели надежности электрооборудования в зависимости от условий эксплуатации; оценить степень опасности и установить «узкие места» электрических систем; разработать мероприятия по повышению эффективности функционирования электрооборудования. Изучение закономерностей и динамики изменения показателей надежности объектов во времени позволит обеспечить обоснованную с точки зрения надежности продолжительность их работы.

Степень новизны результатов, которые затронуты в исследовании, характеризуется следующими положениями:

– при прогнозировании показателей надежности предложено применять аналитический и статистический аппарат вместе с современными программами моделирования электрооборудования, что позволит учитывать изменяющиеся условия эксплуатации;

– разработана структура постоянно пополняемой библиотеки факторов, влияющих на показатели надежности во время эксплуатации;

– реализовано математическое описание функционального состояния электрических систем по имеющейся информации, основанное на локализации источников, снижающих ее работоспособность.

Литература

1. Певзнер, Л. Д. Надежность горного электрооборудования и технических средств шахтной автоматики / Л. Д. Певзнер. – М. : Недра, 1983. – 198 с. : ил.
2. Галушко, В. Н. Определения показателей надежности электрических систем с учетом изменяющихся условий эксплуатации / В. Н. Галушко, Т. В. Алферова, А. А. Алферов // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2013. – № 3. – С. 80–87.

АНАЛИЗ НЕБАЛАНСА СИСТЕМНЫХ ПОДСТАНЦИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6–10 КВ

С. Л. Прусаков

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

Научные руководители: Т. В. Алферова, А. А. Алферов

Развитие методов расчета, оценки и планирования потерь электрической энергии (ЭЭ) имеет достаточно продолжительную историю и не прекращается в настоящее время. Научный и практический интерес к работам в данном направлении связан, прежде всего, с тем, что потери ЭЭ являются не только важным обобщающим (интегральным) показателем эффективности функционирования электрических се-

тей, но играют существенную роль в планировании балансов ЭЭ, определении ее нормативной величины, обосновании и установлении региональных тарифов на ЭЭ и, соответственно, через тарифы – в формировании бюджетов различных уровней. Таким образом, необходимо знать ожидаемый уровень потерь ЭЭ, решать задачу повышения точности их расчета и планирования [1].

Проблема повышения точности и достоверности расчетов потерь электроэнергии, доверия к результатам анализа режимов в распределительных сетях 6–10 кВ весьма актуальна в настоящее время по нескольким причинам:

- распределительные сети, эксплуатируемые преимущественно по разомкнутым схемам, – это самые массовые электрические сети и концентрируют в себе около 78 % от общей величины технических потерь ЭЭ, в том числе сети 110–220 кВ – 28 %, сети 35 кВ – 16 % и сети 0,38–10 кВ – 34 %;

- переход электроэнергетики к рыночным отношениям усилил заинтересованность сетевых компаний в объективном определении технических и коммерческих потерь электроэнергии и их снижении;

- нормирование потерь электроэнергии, осуществляемое государственными органами, основано на расчетном способе определения технических потерь электроэнергии; эффективность нормирования зависит от точности расчета технических потерь;

- развитие современных информационных технологий позволяет использовать для расчета дополнительную информацию, которая ранее была недоступна.

Баланс является физическим свойством любых процессов в природе. Количество электроэнергии, поступившей на объект, всегда равно сумме электроэнергии, ушедшей с объекта и израсходованной внутри него. Небалансы являются следствием неточной фиксации приборами составляющих баланса, а также наличием расхода, который вообще не фиксируется приборами: технических потерь на объекте, значения которых определяются расчетным путем, и коммерческих потерь, которые объясняются не характеристиками объекта, а воздействием внешних сил.

При анализе небаланса системных подстанций определяют технически объяснимый небаланс и нормативный небаланс. Первый определяется возможными погрешностями приборов в реальных условиях их работы, второй – при приведении их параметров в норму (обычно путем их замены) [2].

Важным аспектом правильного определения допустимых небалансов является учет технических потерь на объекте. Они определяются расчетным путем с присущими любому расчетному методу погрешностями. При определении допустимых небалансов эту часть расхода необходимо учитывать как показание виртуального счетчика с классом точности, соответствующим погрешности метода расчета потерь. При этом следует учитывать погрешность используемого метода расчета технических потерь, а при расчете нормативного баланса – погрешность метода, установленного для данного объекта в качестве нормативного (документа, устанавливающего нормативные методы расчета технических потерь для каждого типа объекта, пока нет).

Разработка приемлемых методов оценки потерь ЭЭ в электрических сетях энергосистем с учетом ряда режимно-атмосферных и схемно-структурных факторов представляет собой сложную и в этой части пока нерешенную проблему. Этим и объясняется большое число методов, разработанных в настоящее время для расчета потерь. Они различаются содержанием используемой режимной информации и, соответственно, погрешностями расчета и сферой использования.

Целесообразность использования определенного метода расчета потерь определяется, прежде всего, возможностью получения достоверной информации для его

реализации и погрешностью метода. В настоящее время в распределительных сетях РЭС наиболее достоверна и доступна для практического использования лишь информация о топологии схемы и параметрах элементов сети, а также об изменениях параметров режима (многорежимности) головных участков (ГУ) распределительных линий-фидеров (месячный пропуск ЭЭ, замеры токов и напряжений центров питания в контрольные дни). Для отдельных трансформаторных подстанций (ТП) распределительной сети может быть известна потребленная ЭЭ. Однако данными о ежемесячном электропотреблении и средних нагрузках большинства ТП, часть которых могут быть ведомственными, персонал РЭС, как правило, не обладает, или они известны с малой точностью. Поэтому, исходя из имеющейся режимной информации и анализа известных методов для РЭС напряжением 6–10кВ, наиболее приемлем метод расчета потерь электроэнергии, базирующийся на данных о потоках ЭЭ в ГУ сети и оценке величины среднеквадратичного тока участков сети с использованием допущения о распределении суммарной нагрузки РЭС пропорционально установленной мощности ТП и об однородности нагрузок ТП нагрузке головного участка фидера (метод средних нагрузок). Указанное допущение позволяет реально преодолеть неполноту режимной информации без трудоемких предварительных измерений и их тщательной обработки с использованием высокой точности расчета потерь ЭЭ, присущей данному методу.

Поэтому в работе отдается предпочтение методу расчета потерь ЭЭ по ожидаемому составу, конфигурации и интегральным характеристикам электрических нагрузок, рассчитанным по потокам ЭЭ. В этом случае наиболее полно учитывается многорежимность РЭС. Такой учет необходим для определения потерь ЭЭ с требуемой точностью и заданной достоверностью.

Целью работы является анализ небаланса системных подстанций 6–10кВ Гомельской энергосистемы и выдача рекомендаций по их снижению.

Литература

1. Герасименко, А. А. Уточнение технической и коммерческой составляющих потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях / А. А. Герасименко, Д. А. Куценов, Г. С. Тимофеев // Изв. высш. учеб. заведений. Электромеханика. – 2005. – № 5. – С. 38–43.
2. Железко, Ю. С. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях / Ю. С. Железко, А. В. Артемьев, О. В. Савченко. – М. : НЦ ЭНАС, 2006.

СЕКЦИЯ IV ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

НАТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

В. Т. Вишнеревский, И. С. Стасенко, А. А. Корнеев

*Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет», г. Могилев*

Научный руководитель Г. С. Ленеvский

Представленная работа посвящена исследованию электромеханических систем (ЭМС) с распределенными параметрами в механической части. В данном случае рассматривается ЭМС, которая содержит линейный упругий элемент [1]. К таким ЭМС относятся электроприводы шахтных подъемных установок с достаточно большой высотой подъема. При эксплуатации указанных установок имеются проблемы, связанные с необходимостью демпфирования колебаний, которые представляют опасность для оборудования и обслуживающего персонала. Применяемые на данный момент времени в системах автоматического управления методы компенсации колебаний не позволяют оптимально с точки зрения энергетики и производительности формировать переходные процессы.

Целью исследования указанных систем является получение логарифмических частотных характеристик упругих элементов, входящих в их состав. При проведении исследований рассматривается режим пуска установки, который считается самым тяжелым при ее работе, следовательно, требует принятия мер, направленных на формирование требуемых переходных процессов изменения координат вектора состояния ЭМС путем устранения нежелательных колебаний. Достижение указанной цели откроет возможность синтеза более совершенных систем управления электроприводами промышленных установок, которые содержат протяженные упругие элементы. Необходимость в проведении натурального моделирования обусловлена отсутствием возможности создания достоверной математической модели, а также необходимостью оценки влияния механической части модели на ее электрическую часть, что при использовании методов интегрирования, способных достаточно адекватно отобразить процессы в механической части, на данный момент не является возможным.

Для достижения указанной цели были решены следующие задачи:

1. Создание лабораторной установки, кинематическая схема которой аналогична схеме шахтного грузового подъемника.
2. Создание системы управления электроприводом для проведения исследования в частотной и временной области.
3. Создание информационной измерительной системы для регистрации процессов изменения координат вектора состояния ЭМС.

Ранее на кафедре «Электропривод и АПУ» ГУВПО «Белорусско-Российский университет» были проведены исследования по получению логарифмических амплитудно-частотных характеристик (ЛАЧХ) [2], [3]. Получение частотных характеристик производилось при помощи лабораторной установки, в которой посредством криво-

шипно-шатунного механизма гармонически изменяющееся усилие заданной частоты передавалось от двигателя к исследуемому протяженному упругому элементу. Исследуемый элемент в данном случае был расположен горизонтально, что соответствовало кинематической схеме статически уравновешенной шахтной грузоподъемной установки. Установка приводилась в движение двигателем постоянного тока с независимым возбуждением, который получал питание от широтно-импульсного преобразователя. Поддержание заданной частоты вращения вала двигателя осуществлялось при помощи цифровой системы с обратной связью по скорости с ПИ-регулятором. В ходе проведения эксперимента производилось определение амплитудных значений скорости колебаний исследуемого упругого элемента, а также величины силы тока якоря приводного двигателя. Для измерения и регистрации процессов изменения указанных величин были созданы микропроцессорные системы с возможностью передачи полученных данных на ЭВМ для дальнейшего анализа.

По полученному значению силы тока вычислялось значение входного усилия для каждого заданного значения частоты воздействия на исследуемый упругий элемент. Затем по полученным значениям усилия и скорости были построены ЛАЧХ, соответствующие рассчитанным ранее передаточным функциям исследуемого упругого элемента от усилия к скорости. Графики полученных ЛАЧХ представлены на рис. 1.

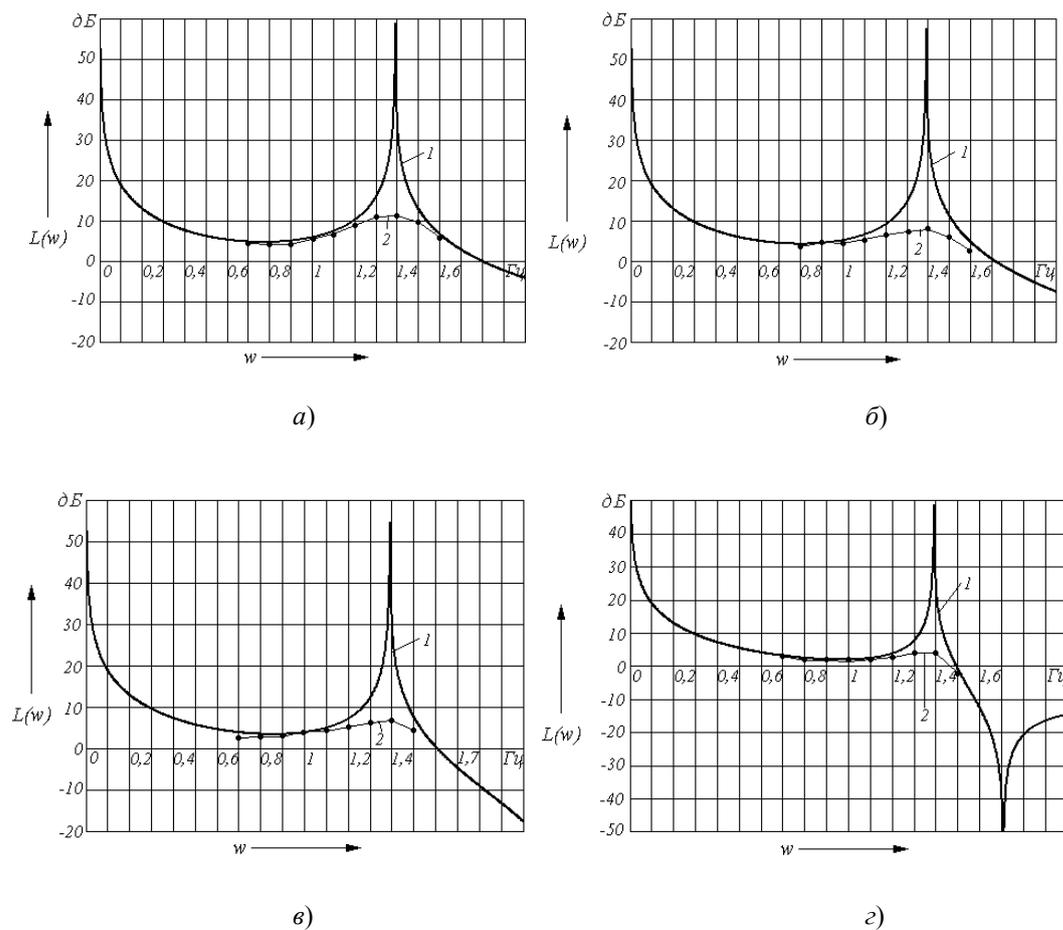


Рис. 1. ЛАЧХ исследуемого протяженного упругого элемента

На рис. 1 приняты следующие обозначения: 1 – расчетная ЛАЧХ исследуемого элемента, 2 – экспериментальная ЛАЧХ исследуемого элемента. На вид полученных частотных характеристик влияет расстояние точки, в которой производится измерение скорости колебаний упругого элемента, от точки приложения входного воздействия. Таким образом, на рис. 1 изображены графики ЛАЧХ при измерении скорости в точках, расположенных от точки приложения входного воздействия на расстоянии: $a - 0,2$; $b - 0,4$; $v - 0,6$; $z - 0,8$ от общей длины исследуемого упругого элемента.

Как видно по графикам на рис. 1, экспериментальные частотные характеристики на линейных участках повторяют расчетные графики. Получение ЛАЧХ в относительно небольшом диапазоне частот входного воздействия обусловлено нелинейностью, которую вносит применяемый в лабораторной установке кривошипно-шатунный механизм. При более высоких частотах в данном случае не удастся стабилизировать скорость вращения вала приводного двигателя. В связи с данным обстоятельством было принято решение изменить принцип приложения входного воздействия к исследуемому элементу таким образом, чтобы исключить нелинейные звенья.

В соответствии с результатами проведенного моделирования, а также теоретических и экспериментальных исследований был спроектирован и создан новый вариант лабораторной установки для моделирования процесса пуска шахтной грузоподъемной установки и исследования частотных свойств рассматриваемой ЭМС. В разработанной лабораторной установке используется малоинерционный двигатель постоянного тока, который получает питание от реверсивного широтно-импульсного преобразователя с повышенным быстродействием. Данный преобразователь разработан для использования в указанной лабораторной установке с учетом ее специфики. Быстродействие разработанного широтно-импульсного преобразователя достаточно высоко для того, чтобы считать данный преобразователь пропорциональным звеном системы автоматического управления (САУ). Система управления электроприводом в режиме исследования в частотной области формирует близкое к синусоидальному задающее воздействие для широтно-импульсного преобразователя. Значения синусоидальной функции хранятся в виде массива в памяти микроконтроллера и используются для формирования задающего воздействия через заданные промежутки времени. Получаемый сигнал задания является дискретным, однако вносимые указанным сигналом гармоники более высоких порядков лежат за пределами полосы пропускания электропривода. Связь между системой управления и силовым преобразователем осуществляется посредством интерфейса RS-232. Система управления широтно-импульсного преобразователя построена на микроконтроллере AVR Attiny2313, система управления лабораторной установкой построена на микроконтроллере AVR Atmega32, вспомогательные функции, такие как блокировки и индикация, также возложены на восьмиразрядные микроконтроллеры семейства AVR.

Ожидается, что разработанная лабораторная установка позволит получить графики ЛАЧХ и ЛФЧХ в широком диапазоне частот, графики переходных процессов, а также в будущем построить замкнутые САУ, предназначенные для демпфирования колебаний.

Л и т е р а т у р а

1. Рассудов, Л. Н. Электроприводы с распределенными параметрами электромеханических элементов / Л. Н. Рассудов, В. Н. Мязель. – Л. : Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1987. – 144 с.

2. Вишнеревский, В. Т. Верификация математического описания элементов с распределенной упругостью / В. Т. Вишнеревский, Г. С. Ленецкий // Датчики и системы. – 2013. – № 2. – С. 15–18.
3. Экспериментальное исследование частотных свойств механических элементов с распределенными параметрами / В. Т. Вишнеревский [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2013. – № 4. — С. 120–129.

ИЗМЕРИТЕЛЬ ТОКОВ УТЕЧКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

Д. П. Михалевич

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

Научный руководитель Э. М. Виноградов

В современных условиях необходимость бесконтактного измерения тока возникает в самых различных отраслях народного хозяйства, науки и техники и вызвана различными причинами:

- требованиями техники безопасности;
- нежелательностью или невозможностью разрыва электрической цепи;
- необходимостью сократить время измерения.

Троллейбус – наиболее экономичный и дешевый, не загрязняющий окружающую среду вид транспорта. Но проблема безопасности троллейбусов действительно существует, особенно во время сильных дождей и обильных снегов. В связи с тем, что питание цепей троллейбуса осуществляется от контактной сети напряжением 600 В, всякое ухудшение или нарушение изоляции токоведущих частей может вызвать появление на корпусе троллейбуса некоторого потенциала по отношению к земле. От этого потенциала зависит величина тока утечки.

Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь реализовало комплекс мер по повышению электробезопасности при перевозке пассажиров городским электрическим транспортом. С целью определения стойкости изоляции элементов кузова троллейбуса к соляному туману проводятся испытания троллейбуса в испытательной камере с соляным раствором. Величина тока утечки с кузова троллейбуса на землю должна составлять не более 3 мА при заземленной системе питания или не более 1,5 мА при изолированной системе питания [1]. Запрещается эксплуатировать троллейбус, не оборудованный бортовым прибором тока утечки.

В кабине водителя устанавливается прибор контроля токов утечки ПКТУ-1, который отслеживает ток утечки на кузов троллейбуса в каждый момент времени. Рабочие места линейных диспетчеров и депоовские посты оснащены измерителем сигнализатором тока утечки ИСТУ-1Л, который также отслеживает величину тока утечки на кузов троллейбуса. Применяемые приборы относятся к контактным средствам контроля качества изоляции.

Разработанный измеритель предназначен для бесконтактного измерения постоянных и инфранизкочастотных переменных токов и может быть использован в системах автоматизации и контроля на железнодорожном и городском электротранспорте, а также в нефтяной и газовой промышленности для контроля эффективности электрохимической защиты от коррозии подземного трубопровода [2].

В качестве чувствительного элемента используется феррозонд, выполненный на двух кольцевых сердечниках из феррита. Питающее напряжение подключено к первичным (питающим) обмоткам и создает магнитные потоки. Компенсационная обмотка предназначена для компенсации магнитного поля измеряемого тока.

При протекании измеряемого тока за счет формирования постоянной намагничивающей силы потоки феррозондов ввиду нелинейности магнитных систем кроме первой содержат высшие гармоники. Четные гармоники наведенной в измерительной обмотке ЭДС суммируются, формируя сигнал $E(t)$, пропорциональный измеряемому току. По принципу действия феррозонд является дифференциальным датчиком: питающее напряжение первой гармоники воспринимается как синфазный сигнал, а создаваемая измеряемым током постоянная намагничивающая сила является дифференциальным сигналом [3], [4].

Несимметричность магнитных параметров феррозондов из-за отклонения геометрических размеров, магнитной проницаемости и остаточной намагниченности приводит к смещению нуля в виде составляющей первой гармоники в сигнале $E(t)$. Для подавления первой гармоники и выделения информационных составляющих четных гармоник разработан фазовый детектор на основе фазочувствительного выпрямителя (ФЧВ). Выбор метода выделения полезного сигнала обусловлен желанием избежать применения критичных к питающей частоте полосовых фильтров, которые требуют согласования по первой и второй гармоникам. Структурная схема устройства представлена на рис. 1.

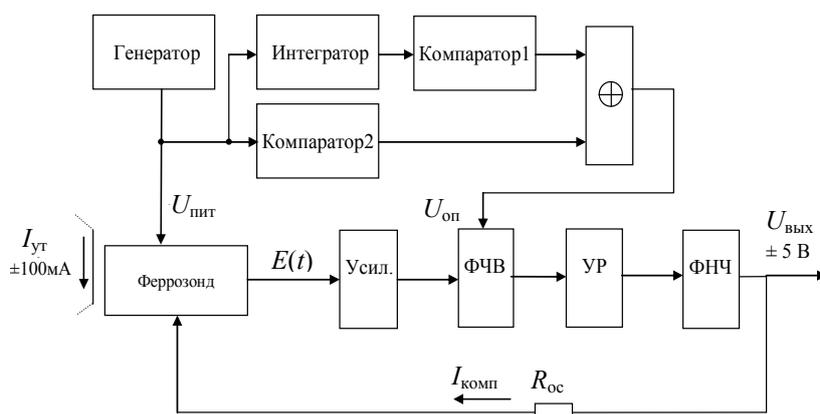


Рис. 1. Структурная схема измерительного преобразователя

Синусоидальное напряжение питания $U_{пит}$ с помощью интегратора переменного тока сдвигается на угол $\varphi = 90^\circ$. Компараторы формируют две последовательности сдвинутых на угол φ прямоугольных импульсов со скважностью $Q = 2$. На выходе логического элемента «исключающее ИЛИ» (\oplus) формируется опорное напряжение второй гармоники $U_{оп}$, управляющее ключами ФЧВ. На выходе фильтра низких частот (ФНЧ) формируется постоянное напряжение, пропорциональное току утечки. Так как опорное напряжение ФЧВ формируется непосредственно из питающего, преобразователь инвариантен к частоте первой гармоники, обеспечивает хорошее ее подавление и высокую избирательность по отношению к полезной составляющей сигнала. Усилитель рассогласования (УР) предназначен для выработки сигнала обратной связи, являющегося одновременно информационным. Этот сигнал с помощью резистора обратной связи $R_{ос}$ (рис. 1) преобразуется в компенсационный ток, запитывающий компенсационную обмотку феррозонда.

Ниже приведены параметры устройства при разомкнутой цепи обратной связи.

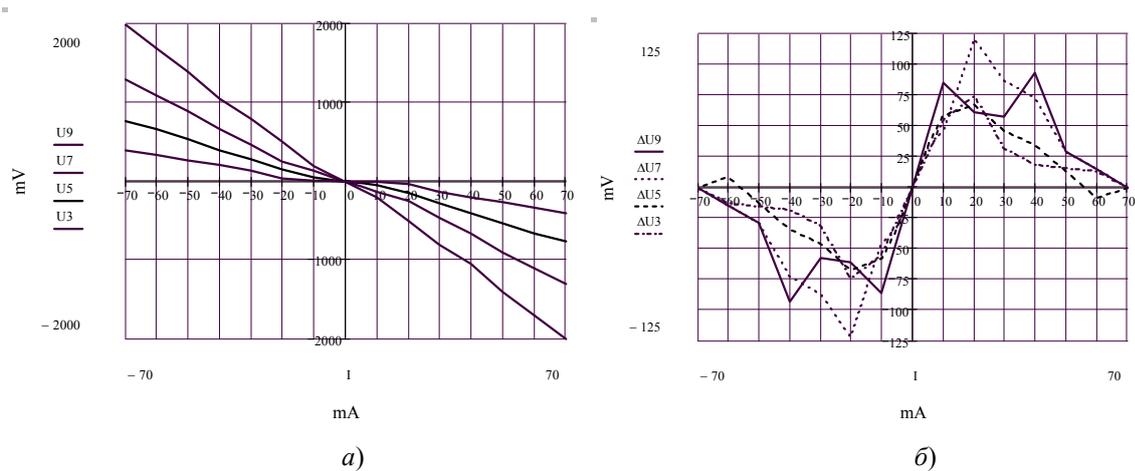


Рис. 2. Передаточные характеристики (а) и абсолютная погрешность (б) при напряжениях питания $E = 3; 5; 7; 9$ В

Погрешность достигает 20 %, а чувствительность меняется от 0 до 27 мВ/мА. Применение устройства, построенного по разомкнутой схеме, возможно лишь в качестве порогового элемента или индикатора.

По компенсационной схеме (рис. 1) погрешность не превышает 0,5 %. Сигнал обратной связи, являющийся одновременно информационным, с помощью резистора обратной связи R_{oc} преобразуется в компенсационный ток.

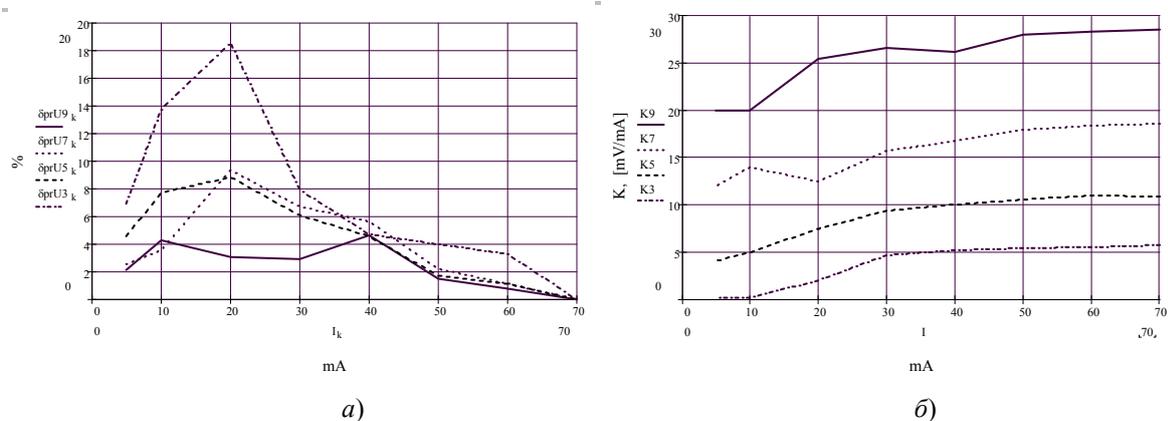


Рис. 3. Приведенная погрешность (а) и зависимость коэффициента преобразования от тока (б) при напряжениях питания $E = 3; 5; 7; 9$ В

Из следующей системы уравнений можно определить необходимый компенсационный ток и значение резистора обратной связи R_{oc} :

$$H_i = w_i I, \text{ А} \cdot \text{виток}; \quad (1)$$

$$H_{\text{комп}} = w_{\text{комп}} I_{\text{комп}}, \text{ А} \cdot \text{виток}, \quad (2)$$

где H_i – напряженность магнитного поля, создаваемая измеряемым током, А · виток; w_i – число витков в обмотке, по которой протекает измеряемый ток ($w_i = 1$ виток); I – сила измеряемого тока ($I = \pm 100$ мА); $H_{\text{комп}}$ – напряженность магнитного поля

в компенсационной обмотке, $A \cdot$ виток; $w_{\text{комп}}$ – число витков в компенсационной обмотке ($w_{\text{комп}} = 50$ витков); $I_{\text{комп}}$ – сила компенсационного тока, А.

При идеальной компенсации магнитного поля измеряемого тока разность напряженностей близка к нулю, т. е. $\Delta H = H_i - H_{\text{комп}} \rightarrow 0$.

Следовательно, компенсационный ток будет равен

$$I_{\text{комп}} = \frac{w_i \cdot I}{w_{\text{комп}}} = \frac{1 \cdot 100 \cdot 10^{-3}}{50} = 2 \cdot 10^{-3}, \text{ А.}$$

Литература

1. СТБ 1729–2007. Транспорт дорожный. Троллейбусы. Требования к техническому состоянию по условиям безопасности движения. Методы проверки. – Минск, 2007.
2. Устройство для бесконтактного измерения постоянных токов : пат. Респ. Беларусь МПК7 G01 R15/00 / Ю. А. Козусев, Ю. В. Крышнев, Д. П. Михалевич.
3. Разин, Г. И. Бесконтактное измерение электрических токов / Г. И. Разин. – М. : Атомиздат, 1974. – 156 с.
4. Афанасьев, Ю. В. Феррозонды / Ю. В. Афанасьев. – Л. : Энергия, 1969. – 167 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОХОЖДЕНИЯ СИГНАЛА ЧЕРЕЗ СРЕДЫ «СТЕНКА ТРУБЫ – ПОЧВА – ВОЗДУХ»

А. А. Наумук, А. В. Сахарук, С. В. Болденко

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

Научные руководители: Н. И. Вяхирев, Л. А. Захаренко

Для определения требований к характеристикам приемопередатчиков, осуществляющих передачу радиосигнала в трубопровод и обратно, необходимо рассчитать затухание сигнала в средах «воздух – почва – трубопровод». Прохождение каждой из сред будет приводить к затуханию сигнала, однако 90–95 % затухания будет определять сталь трубопровода. По сути, трубопровод является экраном для магнитных полей. Оценим влияние этого экрана на ослабление магнитного поля в трубе.

Действие экрана мы будем характеризовать коэффициентом экранирования S , определенным в уравнении (1) как отношение напряженности H_i внутри к напряженности H_a вне экрана [1], [2]. Отметим, что в общем случае коэффициент экранирования является комплексной величиной.

Коэффициент экранирования можно определить по уравнению

$$\frac{H_i}{H_a} = S = \frac{1}{ch(kd) + \frac{1}{2} K \cdot sh(kd)} = \frac{1}{ch(1+j) \frac{d}{\delta} + \frac{\mu_0}{2\mu} \cdot \frac{1+j}{\delta} D \cdot sh(1+j) \frac{d}{\delta}}, \quad (1)$$

где d – толщина пластины; δ – эквивалентная глубина проникновения; μ_0 – магнитная постоянная; μ – магнитная проницаемость; D – расстояние между пластинами.

Так называемое экранное затухание b_s определим, исходя из модуля S по формуле

$$b_s = \ln \frac{1}{|S|} = \ln \left| \frac{H_a}{H_i} \right| \approx \begin{cases} \frac{1}{2} \ln \left[1 + \left(\frac{\mu_0 \cdot D \cdot d}{\mu \cdot m \cdot \delta^2} \right)^2 \right] = \frac{1}{2} \ln \left[1 + \left(\frac{\omega \cdot \mu_0 \cdot D \cdot d}{2m} \right)^2 \right], d < \delta; \\ \frac{d}{\delta} + \ln \frac{\mu_0}{\mu} \cdot \frac{D}{2\sqrt{2m \cdot \delta}}, d > \delta. \end{cases} \quad (2)$$

Во всех случаях экранное затухание тем больше, чем больше D . В формулу (2) введен множитель m , при помощи которого эти формулы распространяются на цилиндрические экраны. Для этой цели нужно размер D заменить диаметром и положить $m = 2$ для цилиндрического экрана.

Для расчета коэффициента экранирования S цилиндрического экрана, представленного на рис. 1, может служить формула (1), в которую вместо расстояния между пластинами D нужно подставить радиус R экрана. Такое применение формулы допустимо, если предположить, что рассматриваемая цилиндрическая оболочка тонкостенная ($d \ll R$).

При любых значениях μ затухание сигнала возрастает с увеличением частоты, причем тем быстрее, чем меньше намагниченность стали. Максимальный уровень передаваемого сигнала будет наблюдаться в области низких частот. Однако следует отметить, что построение канала связи в области очень низких частот проблематично по причине нереально больших требуемых габаритов приемной и передающей катушек (антенн). Компромиссным решением является работа в диапазоне частот 20–25 Гц. Для работы приемопередатчика выбрана частота 22 Гц.

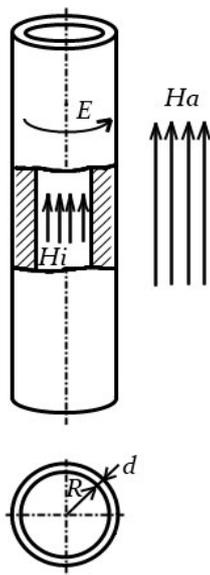


Рис. 1. Цилиндрический экран в аксиально-направленном поле

Для определения значения μ был проведен опыт, в ходе которого было установлено, что значение магнитной проницаемости для данного образца стали, применяемого в изготовлении труб, на частоте 22 Гц равно 35.

Был проведен эксперимент, в ходе которого были рассмотрены два случая измерения сигнала: в случае, когда передатчик вне трубы, и случай, когда он помещен в трубу.

Схема экспериментов представлена на рис. 2, фото экспериментальных макетов – на рис. 3.

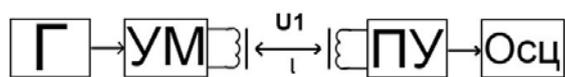


Схема эксперимента без трубы

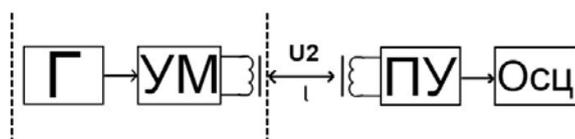


Схема эксперимента с трубой

Рис. 2. Схема эксперимента:

Г – генератор синусоидального сигнала частотой 22 Гц; УМ – усилитель мощности; ПУ – предварительный усилитель; Осц – осциллограф; $U_1 = 12,25$ В, $U_2 = 2,8$ В

По результатам расчета коэффициент ослабления равен:

$$K_{\text{осл}} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{12,25}{2,8} = 4,38. \quad (3)$$

Расчет по формуле (1) и эксперимент дают значения одного и того же порядка.



Рис. 3. Фото экспериментальных макетов

Литература

1. Каден, Г. Электромагнитные экраны в высокочастотной технике и технике электросвязи / Г. Каден. – М., 1957. – 327 с.
2. Гроднев, И. И. Электромагнитное экранирование в широком диапазоне частот / И. И. Гроднев. – М. : Связь, 1972. – 112 с.

3. Разработка средств поиска, управления и контроля состояния внутритрубного тампона-герметизатора : отчет о науч.-исслед. работе. – Гомель, ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009.
4. Y. Kryshneu, L. Zakharanka, E.Vinagradau, A. Khramau, A. Sakharuk, M. Stalbou, V. Starastsenka. The monitoring and control system of the intrapipe sealer // ITELMS'2010. – Materials of 5th International Conference Intelligent Technologies in Logistics and Mechatronics Systems / Panevezys, Lithuania, 2010. – С. 31–36.

ПАРАЎНАЛЬНЫ АНАЛІЗ МЕТАДАЎ ГЕРМЕТИЗАЦЫІ НАФТАПРАВОДАЎ

М. В. Сталбоў

*Установа адукацыі «Гомельскі дзяржаўны тэхнічны
ўніверсітэт імя П. В. Сухого», Беларусь*

Навуковы кіраўнік Ю. В. Крышнеў

У практыцы эксплуатацыі магістральных нафтаправодаў знайшлі свае выкарыстанне разнастайныя тэхналогіі рэалізацыі рамонтна-аднаўленчых работ. Па працаемкасці і складу аперацый іх можна падзяліць на метады з разрэзам сценкі трубы або без. Для аператыўнага аднаўлення герметычнасці трубаправода пры нязначных пашкоджаннях сценкі трубы шырока выкарыстоўваюцца бандажы, латы і чопікі.

Прыкладам дадзенага метаду з'яўляецца выкарыстанне кампазітнай муфты Black Diamond, зробленай на аснове вугляродных валокнаў і эпаксіднай смалы з двухнакіраванай структурай.

Дадзеныя метады маюць вельмі нізкую працаемістасць, высокую аператыўнасць; выключаюцца аперацыі павышанай экалагічнай рызыкі, звязаныя з вывальненнем ад нафты участка нафтаправода; не патрабуюць спынення тэхналагічнага працэсу перапампоўкі. Аднак прымяненне гэтых метадаў абмежавана нязначнымі лакальнымі пашкоджаннямі. Таксама па заканчэнні работ на сценцы трубы застаюцца канцэнтратары напружанняў, якія рэкамендуецца ліквідаваць заменай участка трубы пры планава-папераджальных работах.

Замена ўчастка трубы можа выконвацца двума спосабамі:

1) са спыненнем працы нафтаправода на ўвесь час аднаўленчых работ і вызваленнем лакалізаванага ўчастка ад нафты;

2) з пракладкай абводнай (байпаснай лініі), які патрабуе спынення перапампоўкі толькі на час далучэння папярэдне змантаванай байпаснай лініі да асноўнай магістралі.

Пры першым спосабе неабходна спыняць перапампоўку нафты на працяглы час, правесці вызваленне ад нафты пашкоджанага ўчастка, што займае значны перыяд часу. Пры другім спосабе ў аварыйным парадку ажыццяўляецца толькі перакрыцце пашкоджанага ўчастка трубаправода. Асноўныя ж аднаўленчыя работы па замене ўчастка трубы выконваюцца ў звычайным рэжыме, што спрыяе павышэнню якасці зварачна-мантажных работ. Да асноўных пераваг можна аднесці экалагічныя і эканамічныя. Але праз адсутнасць адмысловых машын і неабходнага абсталявання апошні спосаб не ўжываецца на айчынных нафтаправодах. Увогуле да недахопаў абодвух метадаў можа аднесці цяжкасць мантажу, эксплуатацыі і дастаўкі складанага, цяжкага і энергаемістага абсталявання, працягласць і працаемістасць рамонтных работ, значныя выдаткі ад страчанай нафты. Таму вялікае значэнне пры пашкоджанні трубаправода набываюць спосабы яго эфектыўнага і хуткага перакрыцця.

Да традыцыйных метадаў герметызацыі можна аднесці ўжыванне гліняных тампонаў. Пасля выдалення пашкоджанага ўчастку ў свабодныя канцы трубаправода ажыццяўляецца набіўка і ўшчыльненне ўручную гліняных корак. Пры вялікіх дыяметрах трубаправода выкарыстоўваецца неабпаленая цэгла. Гліна мае добрыя сарбуючыя ўласцівасці, што прадухіляе выхад пароў нафты. Але гліна забруджвае нафтаправод і фільтры пампуючых станцый, узмацняе смолапарафінавыя адклады на ўнутраных сценах трубаправода.

Патэнтны пошук па тэме герметызацыі нафтаправодаў паказвае, што ў цяперашні час у свеце існуе шмат тэхнічных рашэнняў па перакрыццю перасеку запоўненага трубаправода, якія па канструкцыі і прынцыпу дзеяння можна падзяліць на наступныя групы:

- эластычныя камеры, якія запаўняюцца разнастайнымі матэрыяламі;
- механічныя прылады для перакрыцця (заглушкі, коркі);
- метады перакрыцця труб з дапамогай пераносных прэсаў;
- метады пераўтварэння прадукту ў гель;
- метады замарожвання прадукту;
- герметызуючыя тампоны.

Ніжэй разгледжаныя некаторыя прылады для перакрыцця.

Амерыканская фірма «Regent Jack Mfg Co» распрацавала і вырабляе абсталяванне для перакрыцця перасеку трубаправода шляхам сціскання сценах трубы гідрапрэсам магутнасцю 200 т і вагой 650 т. Дадзены метады можа быць выкарыстаны для труб дыяметрам да 12" і ціскам да 1,4 МПа. З замежных крыніц вядомы спосаб сціскання за кошт энергіі выбуху, які выкарыстоўваецца для дыстанцыйнага перакрыцця трубаправода, што скарачае выкід вогненебяспечных вадкасцяў пры буйных аварыях, але патрабуе далейшага выдалення ўчастка трубаправода.

Механічныя прылады для перакрыцця можна падзяліць на 3 асноўныя групы:

- прылады, заснаваныя на ўвядзенні ў сярэдзіну трубаправода перакрываючага элемента (шароў, сегментаў, плоскіх заглушак);
- прылады, якія працуюць па прынцыпу коркавага крана, у корцы якога замацаваная торцавая фрэза;
- прылады камбінаванага тыпу, у якіх выкарыстоўваецца эластычная камера са сціснутым паветрам у якасці запорнага органа і стопарная прылада ў выглядзе паваротных пялесткаў.

За мяжой такія прылады вырабляюцца фірмай «T.D. Williamson» для трубаправодаў ад 100 да 2500 мм і ціскам да 102 атм.

На айчынных нафтаправодах механічныя прылады для перакрыцця не выкарыстоўваюцца.

Сутнасць метаду ўжывання ўспененых пластмас складаецца ў тым, што ў трубаправодзе ў месцы стварэння герметызуючага тампона прасвідроўваецца адтуліна, праз якую падаецца двухкампанентная сумесь са скаладанага поліэфіру і ўрэтандыэтыленгліколю. Пенаполіўрэтанаваыя пенапласты маюць выдатныя адгезійныя і трываласныя ўласцівасці, але зніжаюць сваю актыўнасць у прысутнасці нафты. Таксама не распрацаваны спосаб вымання тампона. Прамысловыя выпрабаванні паказалі неабходнасць далейшай распрацоўкі метаду.

Прынцып дзеяння эластычных камер заснаваны на іх увядзенні ў трубаправод і запаўненні іх вадой, паветрам, магнітнымі матэрыяламі і г. д. Адным з такіх відаў перакрыцця з'яўляецца гумавае раз'яднальнік фірмы «International Pipeline Equipment». Перакрываючая корка складаецца з эластычнага надзіманага цыліндра і металічнай накіравальнай канструкцыі. Пры дадзеным метады адпадае неабходнасць выкідку

вялікай колькасці перапамоўваемага прадукта. Падобныя прылады вырабляюцца заводам «Палімеркантэйнер» для трубаправодаў дыяметрам да 530 мм і ад 530 да 1200 мм, ціск ўнутры тампона – 0,3 МПа, ціск у трубаправодзе, які ўтрымліваецца тампонам – 0,15 МПа.

Сутнасць метаду пераўтварэння прадукту ў гель складаецца ва ўвядзенні ў трубаправод порцыі гелепадобнай сумесі, якая змяшчае парафін, і транспартаванні гэтай сумесі да месца перакрыцця трубаправода, дзе яна замарожваецца з дапамогай хладагенту, які падаецца ў знешнюю кашулю, якая апрацаецца на трубаправод. Але дадзены метады прадстаўляе цікавасць толькі з пункту гледжання навуковых і інжынерных распрацовак.

Найбольш простымі для рэалізацыі з пункту гледжання ўплыву на рэалагічныя характарыстыкі асяроддзя з'яўляюцца цеплавыя. Сутнасць метаду замарожвання прадукту складаецца як ва ўвядзенні ў трубаправод астуджальнага газу, так і ў глыбокім астуджванні сценаў трубаправода, напрыклад, азотам, які мае тэмпературу кіпення –1 96 °С. Падобныя метады былі выкарыстаны брытанскай кампаніяй «Arco British Ltd» і канадскай кампаніяй «Sarnia Products Pipeline». Даследаванні па стварэнні корак у трубаправодзе метадам замарожвання былі выкананы ў свой час яшчэ Усесаюзным навукова-даследчым інстытутам па зборы, падрыхтоўцы і транспарце нафты. Гэтыя даследаванні паказалі, што час стварэння трымаючай коркі ў нафтаправодзе дыяметрам 1220 мм склаў 35 гадзін, расход вадкага азоту склаў 70 т. З літаратурных крыніц [5] вядомыя спосабы зніжэння выдатку азоту і прадухілення зніжэння трываласных характарыстык металу трубы пры нізкіх тэмпературах.

Літаратура

1. Способы и технические средства замены поврежденных участков магистральных трубопроводов / К. Е. Ращепкин [и др.] // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. – М. : ВНИИОЭНГ, 1980. – С. 39.
2. Праспект фірмы «T.D. Williamson Inc.», ЗША «High-pressure tapping and plugging equipment», 1981.
3. Доклад о состоянии организации и технологии производства аварийно-восстановительных работ на трубопроводах «Главтранснефти». – Уфа : ИПТЭР, 1989. – С. 23–30.
4. Современные способы перекрытия магистральных трубопроводов / К. Е. Ращепкин [и др.] // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. – М. : ВНИИОЭНГ, 1976. – С. 25–27.
5. Арсентьев, А. А. Технология перекрытия трубопроводов – ключевой элемент интенсификации АВР и ПНР / А. А. Арсентьев, С. Е. Кутуков, В. А. Семенов // Материалы «Новоселовских чтений». Вып. 1. – Уфа : УГНТУ, 1999. – С. 93–101.
6. Праспект фірмы «Regent Jack Mfg Co», ЗША, 1965.
7. Праспект фірмы «International Pipeline Equipment», ЗША, 1976.

МОДЕЛЬ КОМПЛЕКТНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА В СРЕДЕ MULTISIM

А. А. Коржов

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

Научный руководитель В. А. Савельев

На завершающем этапе подготовки специалистов по специальности 1-53 01 05 «Автоматизированный электропривод» образовательным стандартом предусмотрено изучение дисциплины «Наладка и диагностика автоматизированного электропривода». Специфика предмета предполагает активное изменение параметров и настроек устройств и систем электропривода с целью изучения их влияния на работу всего электро-

привода и часто требует эксплуатации электропривода в условиях, близких к аварийным. В связи с этим целесообразно на начальном этапе процесс обучения производить не на реальном оборудовании, а на компьютерной модели.

Используемые для анализа и синтеза элементов систем регулирования модели электроприводов постоянного тока выполнены в программных пакетах MathCAD и Matlab, на основе дифференциальных уравнений или структурных схем. Такие модели не дают наглядного представления о связи процессов, происходящих в электроприводе, с его принципиальной схемой. Таким образом, актуальной задачей является создание компьютерной модели комплектного электропривода, наглядно демонстрирующей связь процессов в электронной части электропривода с его принципиальной схемой, и дающую возможность моделировать различные (в том числе аварийные) режимы работы электропривода.

Предлагаемая компьютерная модель комплектного электропривода выполнена в программе Multisim. Модель дает наглядное представление о схемной реализации систем питания, управления, регулирования, а также силовой части типового комплектного электропривода постоянного тока. Модель способна в реальном времени отображать процессы, происходящие в различных узлах и системах замкнутого электропривода с однозонной двухконтурной системой регулирования при различных режимах работы электропривода, задаваемых пользователем.

В частности, модель позволяет наблюдать процессы, протекающие в узлах синхронизации системы управления, формирования опорного напряжения и последующих узлах формирования управляющих импульсов с учетом получения необходимой их формы и мощности. Также моделируется работа логического переключающего устройства, переключателя характеристик и управляющего органа системы управления. Система регулирования представлена в виде моделей регуляторов тока и скорости, а также датчиком интенсивности.

Модель позволяет производить виртуальную наладку и диагностику системы питания, управления и регулирования. В частности, можно выполнять виртуальные операции фазировки и симметрирования системы управления, изменять величины начального, минимального и максимального углов управления, наблюдая при этом изменение параметров следования управляющих импульсов и поведения электропривода в целом. Также имеется возможность проводить виртуальную настройку регуляторов системы регулирования в режимах непрерывного и прерывистого тока.

Ряд экспериментов с моделью в программе Multisim продемонстрировал адекватность процессов в модели процессам, протекающим в узлах реальных систем электроприводов постоянного тока.

В соответствии с вышесказанным модель электропривода постоянного тока, выполненную в программе Multisim, целесообразно внедрять в учебный процесс при обучении студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы».

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО МЕТОДА В ВИХРЕТОКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ

В. М. Лукашов

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

Научные руководители: Ю. В. Крышнев, С. Н. Кухаренко

Любое предприятие, выпускающее продукцию из металла, вынуждено осуществлять проверку качества изделий на отсутствие дефектов в них. В процессе разви-

тия сферы контроля качества были освоены различные методы неразрушающего контроля (НК): акустический, капиллярный, магнитный, электрический, радиационный, тепловой и т. д. [1]. Данное исследование относится к области магнитного неразрушающего контроля по принципу вихретоковой дефектоскопии. В работе приведены данные исследований импульсного метода поиска дефектов в металле. Экспериментальное исследование импульсного метода позволит определить его характеристики и чувствительность. Впоследствии результаты измерений дадут возможность аналитической оценки и использования предлагаемого метода.

Принцип действия вихретокового дефектоскопа можно пояснить на примере витка с током и металлического кольца (рис. 1).

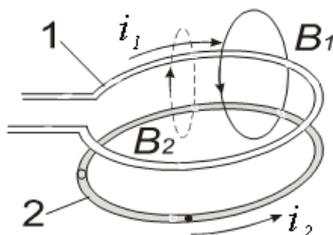


Рис. 1. Виток с током и металлическое кольцо

Переменный ток i_1 , протекающий по витку, создает переменную магнитную индукцию B_1 , одна из силовых линий которой показана на рис. 1. Эти силовые линии пересекают плоскость кольца, в результате чего в нем наводится переменная электродвижущая сила (ЭДС).

Переменная ЭДС, наведенная в проводящем кольце, создает в нем ток i_2 . Ток i_2 , протекающий по кольцу, создает свою переменную магнитную индукцию B_2 , которая направлена встречно по отношению к магнитной индукции B_1 витка. Поэтому общее магнитное поле в области, расположенной ниже кольца, уменьшается. Кроме того, индукция B_2 наводит ЭДС в витке, направленную встречно по отношению к напряжению от протекания тока i_1 . Таким образом, наличие кольца вблизи ВП (витка) вызывает уменьшение (приращение) напряжения на нем [1].

Импульсный метод подразумевает использование импульсного сигнала. В вихретоковом преобразователе предложенной конструкции использован последовательный RLC -контур, причем R – внутреннее активное сопротивление катушки. В результате воздействия коротких импульсов в контуре возникнет затухающий колебательный переходной процесс. По параметрам данного переходного процесса судят о наличии дефектов в металле. На рис. 2 изображена структурная схема вихретокового дефектоскопа, работающего по предложенному принципу.

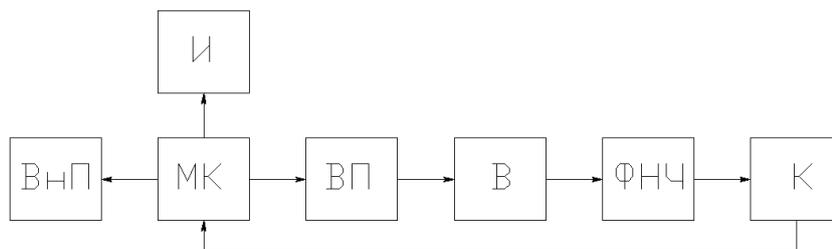


Рис. 2. Структурная схема вихретокового дефектоскопа

Микроконтроллер МК формирует сигнал широтно-импульсной модуляции (ШИМ) малой скважности, который поступает в вихретоковый преобразователь ВП. Прецизионный выпрямитель В преобразует сигнал с ВП в однополярный, т. е. выпрямленный. Фильтр нижних частот ФНЧ выделяет из полезного сигнала постоянную составляющую. Компаратор К регистрирует длительность переходного процесса по достижению постоянной составляющей сигнала определенного уровня порогового напряжения. Микроконтроллер МК измеряет длительность переходного процесса, выводит величину на индикатор И и сохраняет значения во внешней памяти ВнП.

Принципиальная схема устройства была смоделирована в программном пакете MicroCap (рис. 3).

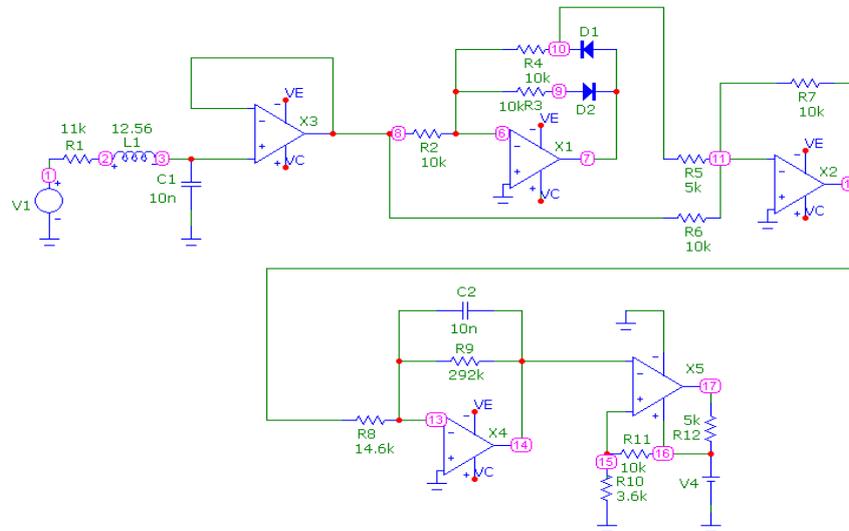


Рис. 3. Принципиальная схема устройства, смоделированная в MicroCap

На рис. 4 изображен анализ переходных процессов системы MicroCap в разных точках схемы устройства.

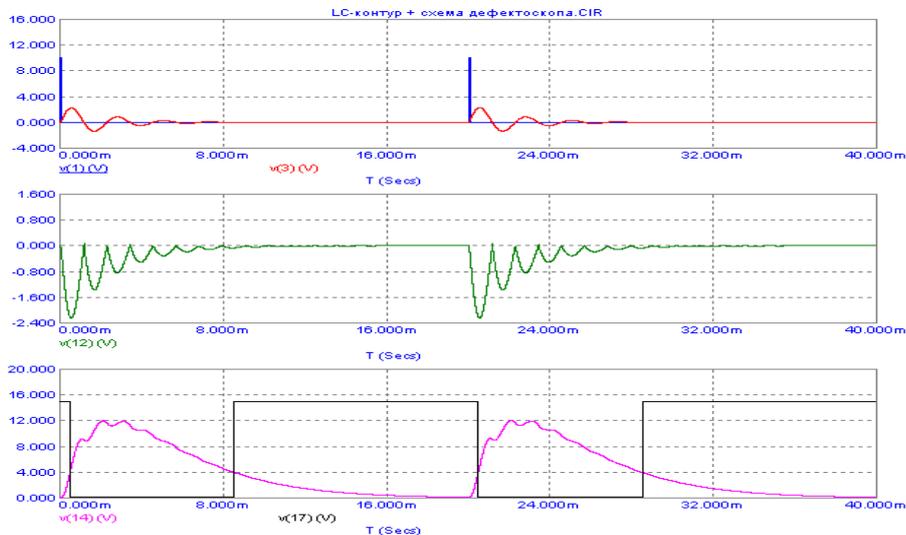


Рис. 4. Анализ переходных процессов в разных точках схемы устройства

Проведено экспериментальное исследование последовательного LC -контура ($L = 12,56$ Гн, $C = 10$ нФ). Контур возбуждали импульсным сигналом (ширина импульса $\tau = 100$ мкс, период сигнала $T = 40$ мс). В поле контура помещали образец и осциллографом регистрировали параметры затухающего переходного процесса (t_1 , t_2 – значение момента времени первого и второго максимума соответственно; U_1 , U_2 – амплитуда первого и второго максимума соответственно, $\delta = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \ln\left(\frac{U_1}{U_2}\right)$ – коэффициент затухание переходного процесса). Измерение было выполнено для четырех образцов: 1 – отсутствие отверстия; 2 – отверстие диаметром 3 мм; 3 – отверстие диаметром 4 мм; 4 – отверстие диаметром 10 мм. Результаты измерений приведены в таблице.

Результаты экспериментального исследования

Параметры переходного процесса	Номер образца			
	1	2	3	4
t_1 , мкс	600	590	590	570
U_1 , В	2,8	2,78	2,8	2,8
t_2 , мкс	2900	2870	2900	2850
U_2 , В	1,8	1,7	1,75	1,8
δ , с ⁻¹	192,1	215,7	203,5	193,8

По результатам проведенных исследований необходимо сделать ряд выводов:

1. Зависимость коэффициента затухания от диаметра дефекта нелинейная и убывает с увеличением диаметра отверстия.
2. Наличие данной зависимости доказывает целесообразность применения предложенного метода.
3. Использование в качестве ВП резонансного последовательного RLC -контура повысит помехозащищенность устройства, улучшит характеристики дефектоскопа.

Литература

1. Неразрушающий контроль качества изделий / В. Г. Герасимов [и др.]. – М. : Энергия, 1978. – 216 с.

ОСОБЕННОСТИ ПРОТИВОПАВОДКОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ, ОРГАНИЗАЦИЯ ГИДРОПОСТОВ И ПУТИ ЕЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

П. Г. Потапов, В. Л. Лапицкий

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

Научный руководитель Ю. В. Крышнев

Наводнения – одно из самых масштабных стихийных бедствий, связанное с прохождением экстремально высоких половодий и паводков, русловых процессов, ледовых явлений (зимние наводнения), хозяйственной деятельностью (антропогенные наводнения). В ходе наводнений часто имеют место человеческие жертвы, на-

рушаются коммуникационные связи, выводятся из сельскохозяйственного оборота земли, наносится ущерб постройкам. Однако следует учитывать, что это проявление сил природы, в свою очередь, играет важную роль в формировании наземных и водных экосистем. Поэтому для принятия правильных решений необходимо обладать данными о гидрологической обстановке, что достигается путем оперативного получения информации с гидропостов. Это дает возможность улучшить прогнозирование ситуации и своевременно подготовиться к паводкам.

Целью данной работы является анализ различных инженерно-технических реализаций противопаводковых мероприятий, ознакомление с организацией гидропостов и выработка предложений по возможному пути их усовершенствования.

К инженерно-техническим мероприятиям по защите земель от затопления относятся [1]:

1. Создание противопаводкового водохранилища.

Достоинства: можно использовать водохранилище для разных целей.

Недостатки: создает дополнительное затопление и подтопление территории; сложное гидротехническое сооружение.

2. Повышение отметок поверхности земли.

Достоинства: создание не затапливаемого участка земли в нужном месте необходимого размера.

Недостатки: сложность осуществления в застроенных районах; высокая стоимость; необходимость соблюдения норм осушения на созданной территории.

3. Устройство дополнительного русла.

Достоинства: полностью снимается опасность затопления земель без вывода их из хозяйственного оборота.

Недостатки: большой объем работ и сложность преодоления пониженных участков местности; ограниченные условия применения.

4. Обвалование территории.

Достоинства: относительно низкая стоимость.

Недостатки: необходимость создания специальной системы отвода воды с защищаемой территории; ухудшение эстетичного вида ландшафта; большая длина дамбы, что увеличивает опасность аварий.

5. Изменение параметров русла реки.

5.1. Увеличение пропускной способности естественного русла реки.

Достоинства: минимальное отчуждение земель.

Недостатки: нарушение экологических условий речного русла и части долины; ухудшение гидрохимического режима реки в период производства работ.

5.2. Спрявление рек.

Достоинства: увеличение площади земель, пригодных для использования.

Недостатки: ликвидация биогеоценоза на участке спрявления реки; низкая эффективность по увеличению пропускной способности русла.

Все рассмотренные выше мероприятия имеют свои преимущества и недостатки, поэтому в конкретном случае проводится экологическое и технико-экономическое обоснование их проведения. Кроме того, не всегда очевидна необходимость в них. В ряде случаев экономически более выгодно компенсировать материальные потери, чем создавать противопаводковые защитные сооружения, которые к тому же могут привести к дополнительному негативному воздействию на окружающую среду. Поэтому, чтобы принять правильное решение, надо обладать данными о гидрологиче-

ской обстановке. На территории Республики Беларусь создана сеть гидрологических постов, на которых ведут наблюдения за элементами режима вод.

Гидрометеорологическая служба Республики Беларусь обеспечивает потребителей гидрометеорологической информацией:

- о текущем состоянии режима рек, озер и водохранилищ;
- об ожидаемом состоянии режима вод (прогнозами);
- о режиме вод, издаваемыми в виде гидрологических ежегодников, справочников и других пособий, необходимых для наиболее эффективного использования водных ресурсов страны.

Самым распространенным постом является устройство с непрерывной регистрацией уровня воды при помощи самописца уровня воды (СУВ), схема которого показана на рис. 1.

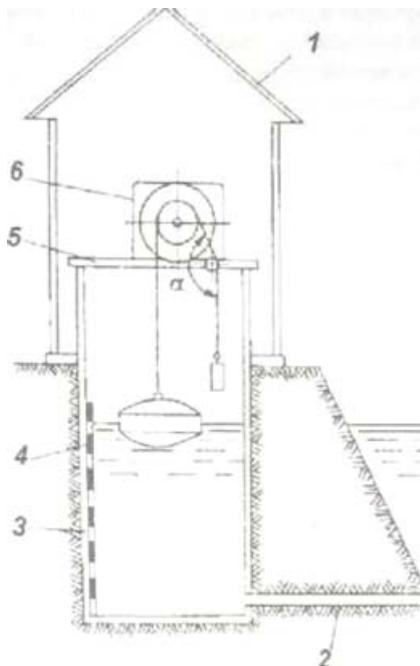


Рис. 1. Схема установки самописца уровня воды берегового типа:
1 – измерительный павильон; 2 – труба; 3 – колодец; 4 – рейка;
5 – столик; 6 – самописец уровня

Принцип работы самописца уровня состоит в следующем: поплавок, заключенный в специальном колодце, соединяемом посредством трубы с рекой, перемещается вместе с уровнем воды. Его перемещения передаточным механизмом передаются регистрирующему устройству, которое непрерывно записывает ход уровня во времени.

Сбор текущей информации на гидропостах производит наблюдатель, который делает определенное, в зависимости от времени года, возможности паводка и других определяющих факторов, количество замеров в день (в среднем это два замера в день в 8.00 и 20.00 ч). Он либо сам производит замер по реперным точкам, либо снимает показания с СУВ, что делает процесс не совсем оперативным.

Анализ современного технического состояния оборудования гидрометрических постов (а в частности бассейна реки Днепр) показал, что пути усовершенствования заключаются в их автоматизации. Это предусматривает создание автоматической

системы противопаводкового мониторинга, в которой применяются вместо устаревших средств измерения современные датчики (уровнемеры) и измерительно-информационные преобразователи для уровнемеров системы противопаводкового мониторинга. Преобразователи должны оперативно поставлять данные от измерительных датчиков к базовым станциям, представляющим собой серверы или персональные компьютеры с функциями сбора и обработки поступившей информации.

Разработан вариант функциональной схемы измерительно-информационных преобразователей для системы противопаводкового мониторинга открытых водоемов (рис. 2).

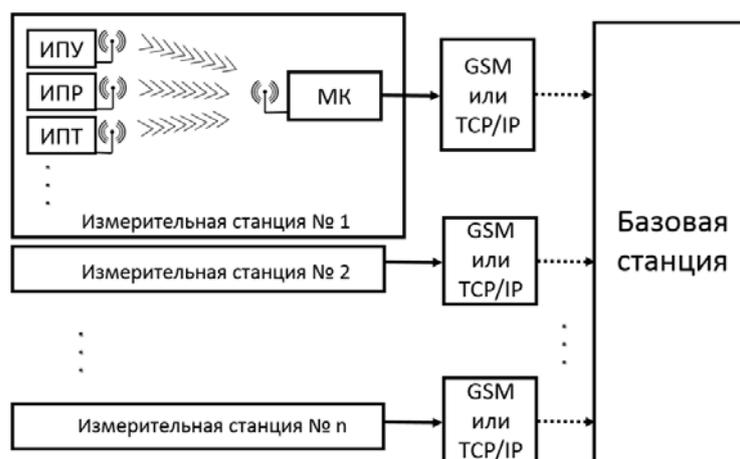


Рис. 2. Схема автоматической системы противопаводкового мониторинга с GSM/GPRS-модулем или контроллером TCP/IP-протокола; ИПУ – измеритель-преобразователь уровня; ИПР – измеритель-преобразователь расхода; ИПТ – измеритель-преобразователь температуры; МК – микроконтроллер

Измерительная станция в общем случае должна быть оснащена беспроводным каналом связи (например, на основе ИМС NRF24L01) для передачи на МК дополнительных параметров метеобстановки гидропоста (толщина льда, скорость ветра, скорость течения и прочие). После чего с помощью либо передающего GSM/GPRS-модуля (используется сеть операторов сотовой связи), либо передающего контроллера TCP/IP-протокола (используется всемирная сеть интернет) информация передается на базовую станцию.

При анализе было установлено, что измерения на большинстве гидропостов могут быть произведены с питанием от сети переменного тока 220 В, 50 Гц, однако в силу непредсказуемости метеорологических условий целесообразно оборудовать датчиковые части системы противопаводкового мониторинга резервирующим автономным (аккумуляторным) питанием с системой подзарядки. Также примерно половина гидропостов являются крытыми и оборудованы вертикальными измерительными колодцами (рис. 3, в) для механических датчиков поплавкового типа, вторая половина – открытого типа, с наблюдательным постом и привязкой реперами к Балтийской уровневой системе [2]. Стоит отметить, что более предпочтительным вариантом для эксплуатации будущей системы является крытый гидропост с вертикальным колодцем для размещения датчика.



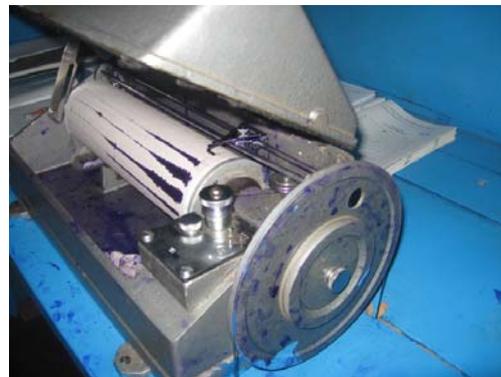
а)



б)



в)



г)

Рис. 3. Внешний вид гидропоста на р. Уза, д. Прибор (а), геологический рельеф в районе гидропоста (б), измерительный колодец гидропоста для датчика поплавкового типа (в), механический самописец для непрерывной регистрации суточных уровней воды в реке (г)

Литература

1. Маркин, В. Н. Обоснование мероприятий по защите земель от затопления : учеб. пособие / В. Н. Маркин, Л. Д. Раткович, С. А. Соколова. – М. : МГУП, 2010. – 59 с.
2. ТКП 17.10-08/1–2008 (02120). Технический кодекс установившейся практики. Охрана окружающей среды и природопользование. Гидрометеорология. Правила проведения гидрологических наблюдений и работ. Часть 1–2. – Минск : Минприроды, 2008

СІСТЭМА МАНІТОРЫНГУ АХОЎНАГА ПАТЭНЦЫЯЛУ НА ТРУБАПРАВODЗЕ З ПЕРАДАЧАЙ ІНФАРМАЦЫІ ПА GSM-КАНАЛЕ

А. В. Мельнікаў

Установа адукацыі «Гомельскі дзяржаўны тэхнічны
ўніверсітэт імя П. В. Сухога», Беларусь

Навуковыя кіраўнікі: Ю. В. Крышнёў, Л. А. Захаранка

Карозія падземных трубапаводцаў з'яўляецца адной з асноўных прычын іх разгерметызавання з прычыны ўтварэння каверн, расколін і парываў.

Электрахімічная абарона падземных металічных трубаправодаў можа быць ажыццёўлена метадам катоднай палярызацыі, г. зн. шляхам зрушэння патэнцыялу ад яго стацыянарнага значэння ў бок адмоўных значэнняў да велічыні ахоўнага патэнцыялу, пры якім хуткасць растварэння металу не перавышае некаторай зададзенай велічыні. У працэсе наладкі і эксплуатацыі электрахімічнай абароны патрабуецца кантроль электроднага патэнцыялу трубаправода.

Вымярэнні ахоўных патэнцыялаў ажыццяўляюцца ў кантрольна-вымяральных пунктах (КВП). Каб вымераць патэнцыял, патрабуецца электрод, адносна якога будзе ажыццяўляцца яго вымярэнне.

У якасці такіх электродаў выкарыстоўваюцца медна-сульфатныя электроды параўнання. Яны прызначаныя для выкарыстання ў сістэмах электрахімічнай абароны ад карозіі і прымяняюцца для вымярэння палярызацыйнага патэнцыялу і патэнцыялу падземнага збудавання шляхам стварэння электралітычнага кантакту з грунтам, усталеўваюцца ў грунт на глыбіню кладкі трубаправода ніжэй глыбіні прамярзання грунта. Канструктыўна медна-сульфатны электрод параўнання складаецца з датчыка патэнцыялу (меднага стрыжня) і вымяральнага электрода.

Вымеранае з дапамогай прыбораў значэнне ахоўнага патэнцыялу складаецца з сумы патэнцыялаў (сумарны патэнцыял):

$$U_{\text{сум}} = U_{\text{нат}} + U_{\text{пал}} + U_{\text{ам}}, \quad (1)$$

дзе $U_{\text{нат}}$ – натуральны патэнцыял збудавання; $U_{\text{пал}}$ – палярызацыйны складнік (напружанне на палярызаваным пласце металічнай паверхні); $U_{\text{ам}}$ – амічны складнік – з'яўляецца непажаданай хібнасцю, якую пры вымярэннях варта выключыць або ўлічыць.

Натуральны патэнцыял – патэнцыял металічнага збудавання, вымераны адносна электрода параўнання пры адсутнасці блукаючых токаў палярызацыі ад знешніх крыніц току.

Пры адсутнасці дадзеных $U_{\text{нат}}$ прымаюць роўным (адносна медна-сульфатнага электрода параўнання): мінус 0,7 В – для сталі; мінус 0,48 В – для свінцу; мінус 0,7 В – для алюмінія.

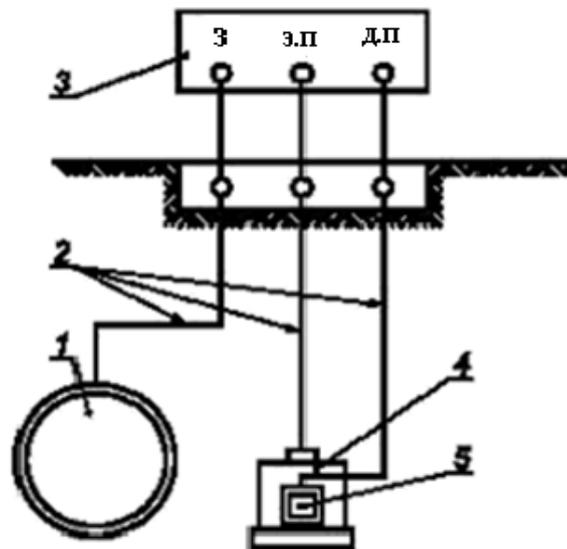
Амічны складнік зрушэння патэнцыялу ($U_{\text{ам}}$) – гэта непазбежнае і шкоднае падзенне напружання, выкліканае токамі абароны на некаторым супраціўленні, куды ўваходзіць супраціўленне электраліта ў порах ізаляцыі і ўчастак зямлі паміж трубаправодам і вымяральным электродам.

Палярызацыйны складнік ($U_{\text{пал}}$) – карыснае падзенне напругі на палярызацыйным супраціўленні метал-электраліт.

Вылучэнне палярызацыйнага складніка і выключэнне амічнага мае вялікае практычнае значэнне. І гэта звязана, перш за ўсё, з надзейнасцю абароны.

Існуе два метады вымярэння патэнцыялаў: вымярэнне сумарнага патэнцыялу і вымярэнне палярызацыйнага патэнцыялу метадам палярызацыі датчыка патэнцыялу.

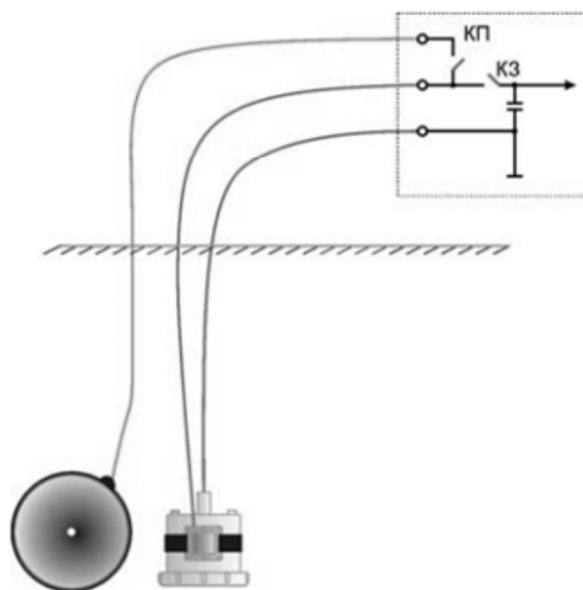
Схема вымярэння палярызацыйнага патэнцыялу прадстаўлена на мал. 1.



Мал. 1. Схема вымярэння палярэзацыйных патэнцыялаў на стацыянарных кантрольна-вымяральных пунктах:

1 – трубаправод; 2 – кантрольныя праваднікі; 3 – прыбор з убудаваным перапыняльнікам току палярэзацыйнага датчыка з клемамі: З – для падлучэння збудавання; Э.П. – электрода параўнання; Д.П. – датчыка патэнцыялу; 4 – стацыянарны медна-сульфатны электрод параўнання; 5 – датчык патэнцыялу

На мал. 2 паказана адна з традыцыйных схем вузла выдзялення палярэзацыйнага патэнцыялу на аснове двух ключоў.

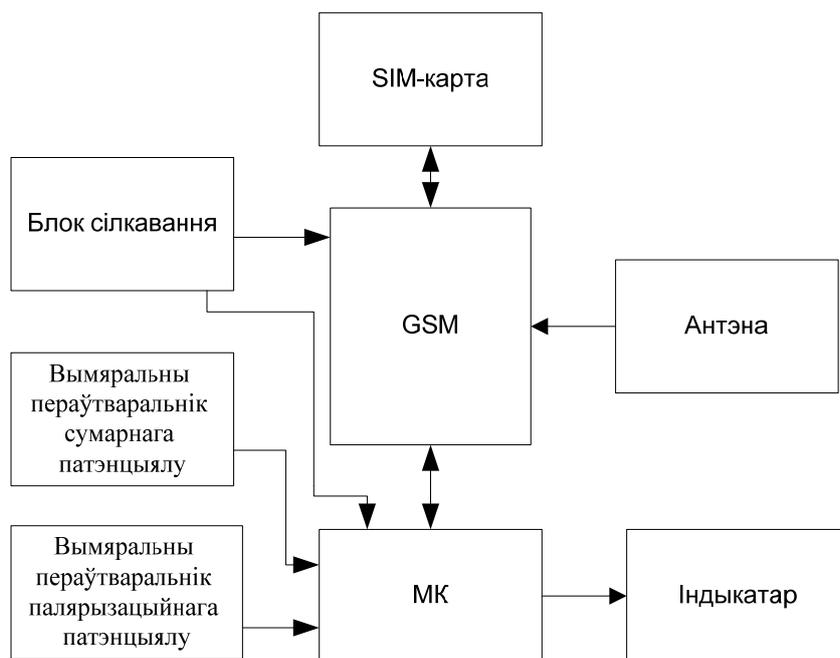


Мал. 2. Схема вузла выдзялення палярэзацыйнага патэнцыялу:
КП – ключ палярэзацыйнага; КЗ – ключ зарада

Кіраванне працай ключоў ажыццяўляе схема, пабудаваная на элементах логікі, або кантролер па спецыяльнай праграме. Логіка працы ключоў наступная: замыкаецца КП і зарад трубаправода перадаецца датчыку патэнцыяла, датчык

палярызуецца, затым КП размыкаецца Праз пэўны прамежак часу замыкаецца КЗ, і зарад датчыка перадаецца кандэнсатару. За некаторую колькасць тактаў датчык палярызуецца, а на кандэнсатары назапашваецца зарад, роўны палярызацыйнаму патэнцыялу. Далей патэнцыял паступае на вальтметр з вялікім уваходным супраціўленнем.

Сістэму маніторынгу патэнцыялу, якая распрацоўваецца, плануецца ўсталёўваць без змены канструкцыі КВП. На мал. 3 прадстаўлена структурная схема распрацаванай прылады.



Мал. 3. Схема распрацаванай прылады

Сілкаванне аўтаномнае, ад акумулятарнай батарэі, ёмістасць батарэі выбіраецца з умовы працы прылады на працягу 7–10 дзен. GSM-модуль працуе з дапамогай АТ-каманд паводле пратакола USART. Для зручнасці распрацавана праграмнае забеспячэнне сервера з дадзенымі, якое дазваляе прааналізаваць вынікі вымярэнняў у выглядзе графіка. Прылада можа ўжывацца для аналізу якасці абароны падземных збудаванняў, а ў перспектыве можа быць уключана ў склад аўтаматычных станцый катоднай абароны.

Літаратура

1. ГОСТ 9.015–74. Единая система защиты от коррозии и старения. Подземные сооружения. Общие технические требования.
2. ГОСТ Р 51164–98. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии.
3. ГОСТ 9.602–2005. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии.
4. Защита трубопроводов от коррозии : в 2 т. / Ф. М. Мустафин [и др.]. – СПб. : Недра, 2007. – Т. 2.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАМАГНИЧИВАЮЩЕГО КОНТУРА ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО МАГНИТА

А. В. Карпов

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

Научные руководители: А. В. Ковалев, В. А. Карпов

В электрогидравлических системах звеном, связующим электрический сигнал с положением золотника гидрораспределителя, является пропорциональный магнит (ПМ), представляющий собой устройство преобразования электрической энергии в механическую в виде осевого перемещения золотника. Особенностью ПМ является неизменность усилия, при заданном токе, в пределах рабочего перемещения. Общепринятым является управление током через ПМ путем изменения скважности ШИМ последовательности [1]. Кроме экономичности, данный способ из-за индуктивного характера нагрузки приводит к появлению пульсаций в токе ПМ – осцилляциям. Это приводит к дополнительному положительному эффекту заключающемуся в снижении влияния гистерезиса, обусловленного «сухим трением» [3].

Производители ПМ приводят ряд электрических характеристик, измеренных при питании магнита постоянным напряжением, когда весь ток протекающий по цепи управления, создает усилие – отсутствуют потери. Общепринятым является импульсное питание, сопровождаемое магнитными потерями, то параметры, приводимые производителем, недостаточны для определения тока, создающего усилие.

В работе представлена методика экспериментального определения электрических параметров намагничивающего контура пропорционального магнита. Эквивалентная схема намагничивающего контура ПМ представлена на рис. 1, а, способ его включения при питании ШИМ последовательностью – на рис. 1, б.

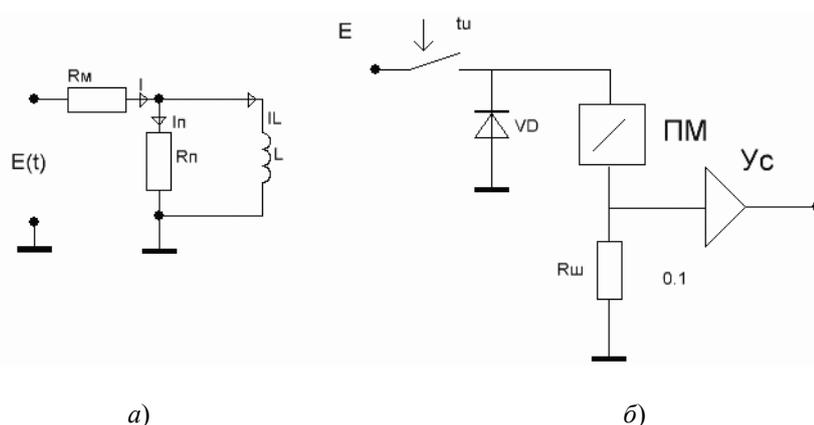


Рис. 1. а – Эквивалентная схема ПМ; б – способ включения ПМ при питании его ШИМ последовательностью

На рис. 1, а – $E(t)$ напряжение питания ПМ; R_M – сопротивление «меди»; R_n – эквивалентное сопротивление потерь; L – эквивалентная индуктивность. Из этой схемы видно, что не весь ток, протекающий через ПМ, создает усилие, часть тока ответвляется в сопротивление потерь R_n и расходуется не эффективно. На рис. 2 представлены временные диаграммы питающего напряжения и тока ПМ.

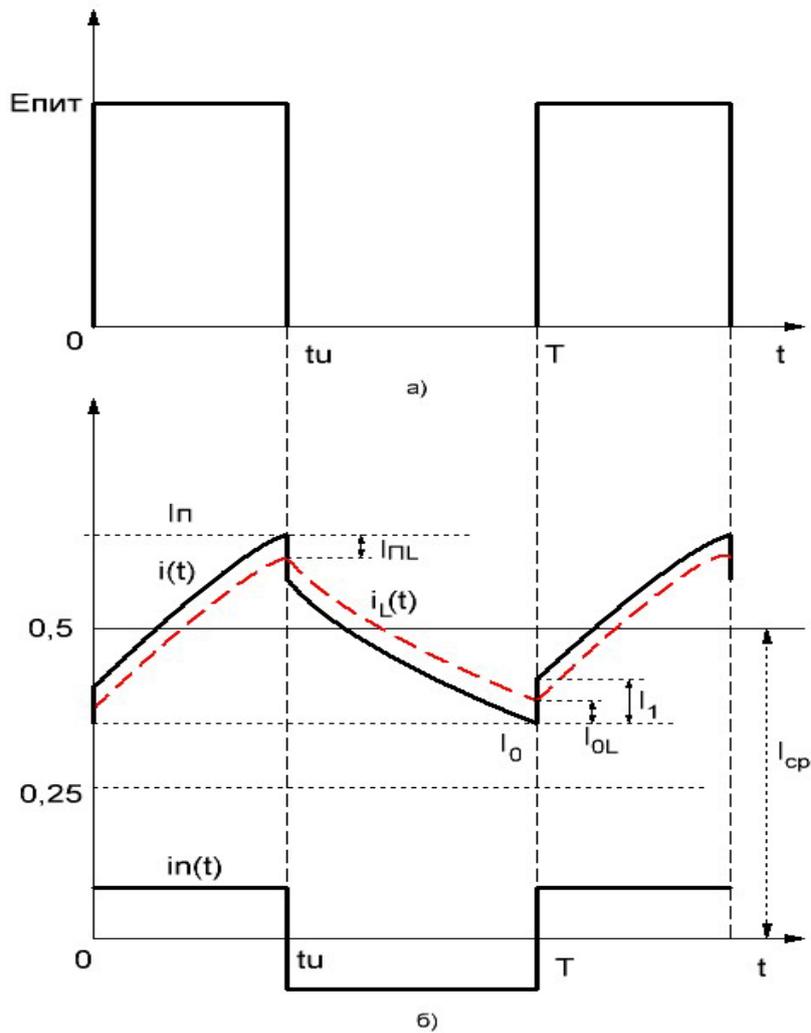


Рис. 2. Временные диаграммы питающего напряжения:
 а – токов в эквивалентной схеме; б – для установившегося режима

I_0, I_{0L}, I_n, I_{nL} – минимальные и максимальные токи через ПМ и индуктивность L , I_1 – ток потерь, определяемый в момент времени после коммутации, I_{cp}, I_{cpL} – средние токи через магнит и индуктивность.

Для установившегося режима справедливо равенство:

$$i(0) = i(T), \quad i_L(0) = i_L(T). \quad (1)$$

Изменение токов $i(t)$ и $i_L(t)$ на интервале времени $(0 - t_u)$ имеет вид:

$$i(t) = I_0 + I_1 + (I_m - I_0 - I_1)(1 - e^{-at});$$

$$i_L(t) = I_{0L} + I_1 + (I_m - I_{0L} - I_1)(1 - e^{-at}). \quad (2)$$

Изменение токов $i(t)$ и $i_L(t)$ на интервале времени $(t = t_u)$ имеет вид:

$$i(t) = I_n = I_0 + I_1 + (I_m - I_0 - I_1)(1 - e^{-atu});$$

$$i_L(t) = I_{\text{нЛ}} = I_{0L} + (I_m - I_{0L})(1 - e^{-\alpha t}). \quad (3)$$

Изменение токов $i(t)$ и $i_L(t)$ на интервале времени $(t_u - T)$ имеет вид:

$$i(t) = (I_{\text{п}} - I_1)e^{-\alpha t},$$

$$i_L(t) = I_{\text{нЛ}} e^{-\alpha t}. \quad (4)$$

Используя (1)–(4), можно получить пульсации тока магнита ΔI и индуктивности ΔL , имеющие следующий вид:

$$\Delta I = I_1 + (I_m - I_1) \frac{e^{\alpha T} + 1 - e^{\alpha(T-t_u)} - e^{\alpha t_u}}{e^{\alpha T} - 1}. \quad (5)$$

В реальных условиях доступными для измерения: R_M , $i(t)$, $I_M = E_M/R_M$. По осциллограмме $i(t)$ находится ΔI , $I_1 = E_m/(R_m + R_{\text{п}})$. Из последнего выражения находится $R_{\text{п}}$. Для нахождения α в выражении (5) обозначим $x = e^{\alpha T}$; $\beta = t_u/T$. Тогда (5) можно представить следующим образом:

$$\frac{x + x^{1-\beta} - x^\beta}{x-1} - \frac{\Delta I - I_1}{I_M - I_1} = 0. \quad (6)$$

Для конкретных значений измеренных по осциллограмме $i(t)$ токов ΔI и ΔI_1 и зная значение тока. В таблице приведены результаты определения эквивалентных параметров схемы замещения для $f = 100$ Гц, $E_{\text{п}} = 31$ В, $R_M = 22,8$ Ом, $t_{\text{ц}} = (2-9)$ мс.

Результаты определения эквивалентных параметров схемы замещения

$t_{\text{ц}}, \text{мс}$	2	3	4	5	6	7	8	9
$I_{\text{ср}}, \text{мА}$	255	411	540	713	808	1036	1128	1265
$\Delta I, \text{мА}$	200	270	300	320	330	350	300	190
$I_1, \text{мА}$	65	70	75	83	95	100	80	70
$R_{\text{п}}, \text{Ом}$	22,7	22,6	21,5	21,4	21,2	21,1	21,5	21,6
$\tau, \text{с}$	0,0161	0,0142	0,0143	0,0141	0,0135	0,011	0,0097	0,0101
$L, \text{Гн}$	0,366	0,323	0,308	0,302	0,286	0,232	0,209	0,218

Литература

1. Интеллектуальная гидравлика: приводы с пропорциональным управлением. – 2011. – Режим доступа: <http://konstruktor.net/podrobnee-hidr/items/intellektualnaja-gidravlika-privody-s-proporcionalnym-upravlenie.html>. – Дата доступа: 11.03.2014.
2. D. Scholz. Proportional hydraulics / D. Scholz. – Copyright by Festo Didactic GmbH & Co. – Denkendorf. – 2002. – 124 p.
3. Пропорциональная техника и техника сервоклапанов. Учебный курс гидравлики / А. Шмитт [и др.]. – Лор на Майне (ФРГ) : Маннесманн Рексрот ГмбХ, 1986. – 323 с. : ил.

**БЛОК УПРАВЛЕНИЯ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫМИ МАГНИТАМИ
С КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ****В. А. Черехун***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научные руководители: А. В. Ковалев, В. А. Карпов

Интенсивное сращивание гидроприводов с электронными системами управления, применение «интеллектуальных» гидрокомпонентов со встроенной электроникой и специальных коммутационных средств (полевых шин) с открытой структурой позволяют успешно сочетать исключительные силовые и динамические качества гидравлики с быстроразвивающимися возможностями микроэлектроники и комплексных систем управления. Аппараты с пропорциональным электроуправлением применяются в основном для дистанционного управления параметрами гидропривода, также возможно их использование в качестве звеньев замкнутых систем автоматического регулирования [1].

Пропорциональный гидрораспределитель предназначен для управления пуском, остановкой, направлением потока и изменения расхода рабочей жидкости в гидравлических прессах и других машинах [2].

Управление распределителем возможно несколькими вариантами:

- 1) по постоянному напряжению;
- 2) по унифицированному токовому сигналу;
- 3) с обратной связью по положению якоря или золотника.

Регулируемые электромагниты являются связующим звеном между электроникой и гидравликой. Пропорциональный электромагнит разработан на основе дискретного электромагнита с измененной структурой контура возбуждения в виде немагнитного внутреннего кольца. Принципы работы пропорционального электромагнита:

1. Усилие на якоре увеличивается пропорционально току.
2. Усилие не зависит от положения якоря в пределах рабочей зоны.

На характеристики пропорционального клапана отрицательно влияют намагничивание, трение и усилия, возникающие при обтекании рабочего органа жидкостью. Это приводит к тому, что положение якоря не всегда находится в точном соответствии с протекающим по нему током. Особенно при работе сначала по восходящей характеристике регулирования, а потом по нисходящей, так называемое явление гистерезиса. Поэтому целесообразно производить управление по замкнутому контуру с обратной связью. На рис. 1 представлены два варианта управления положением золотника распределителя. Для уменьшения ошибки позиционирования золотника в прецизионных системах наиболее целесообразно применять комбинированную обратную связь – по току и по положению.

При реализации системы управления пропорциональным распределителем с обратной связью по положению необходим датчик перемещения для точного определения положения золотника [3]. Для этих целей наиболее часто используются датчики потенциометрического типа, линейные дифференциальные трансформаторы и датчики, использующие эффект Холла (ДХ).

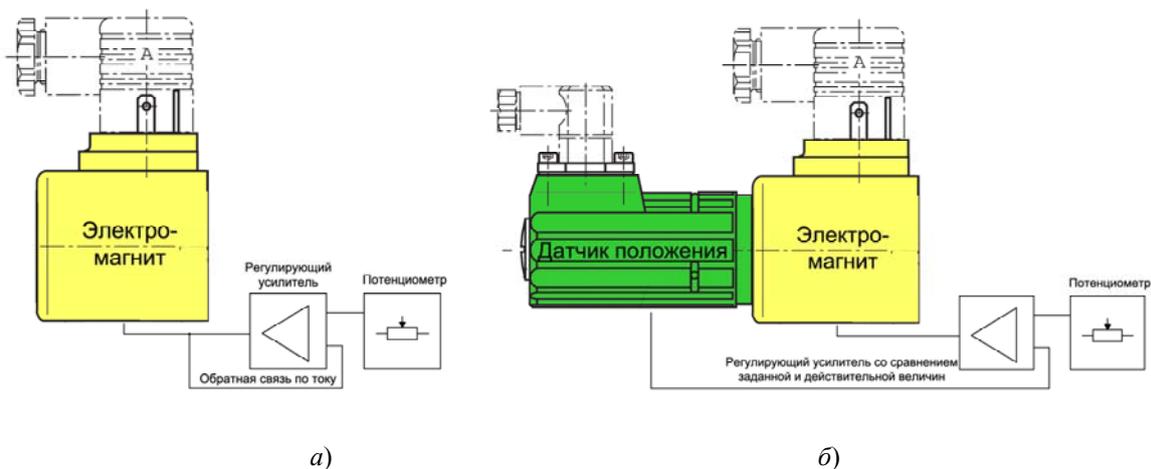


Рис. 1. Варианты управления положением золотника:
 а – с обратной связью по току; б – с обратной связью по положению

Наиболее простым в реализации из перечисленных выше датчиков является потенциометрический датчик. Однако он имеет ряд недостатков, которые снижают возможность их применения: наличие скользящего контакта, трение, необходимость обеспечения механического контакта с объектом, сравнительно небольшой коэффициент преобразования, высокий порог чувствительности, подверженность электроэрозии под действием импульсных разрядов, низкая устойчивость к факторам окружающей среды.

Дифференциальные трансформаторные датчики (ДТД) имеют ряд достоинств, объясняющих их популярность: высокая точность, стабильность, линейность, чувствительность (могут использоваться для индикации нулевого положения), бесконтактное измерение, бесконечное разрешение (определяется измерительным преобразователем), абсолютные измерения, устойчивость к шумам и малый выходной импеданс, малый гистерезис, малое время срабатывания, независимость показаний от несоосного перемещения сердечника в рабочей полости датчика. Однако имеются и недостатки: значительная длина ДТД, заметное ухудшение точности при несогласовании длины рабочего хода, сложность в изготовлении, высокая стоимость при малых сериях.

Для измерения перемещения объектов часто используются линейные ДХ совместно с постоянными магнитами. Достоинства датчиков: практически неисчерпаемый ресурс по причине отсутствия механических контактов, большая частота коммутации (до 20 кГц и более), простота обработки сигнала, малые габариты и стоимость.

Предложено выполнить электронный блок управления для пропорциональных распределителей с одним электромагнитом и обратной связью по положению золотника согласно функциональной схеме на рис. 2.

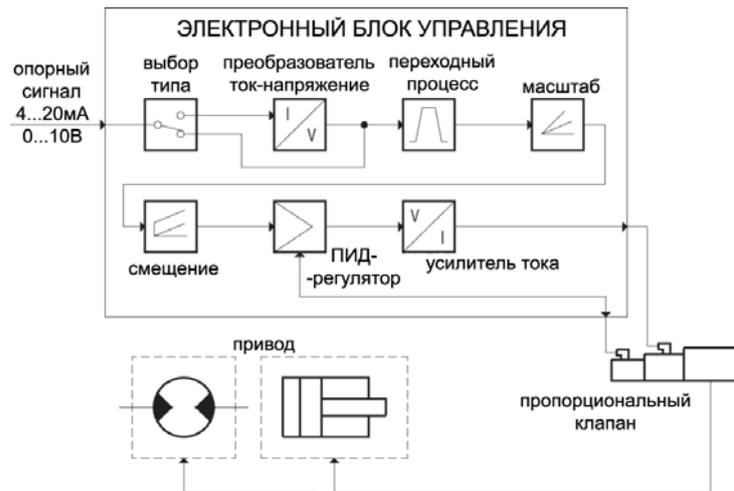


Рис. 2. Функциональная схема блока управления пропорциональными магнитами с комбинированной обратной связью

Блок управляет положением золотника клапана в соответствии с входным опорным сигналом, обеспечивая линейность регулировки с минимальным гистерезисом и использованием двух видов обратной связи (по току и положению, или по отдельности). На передней панели предложено установить светодиоды, которые индицируют текущее состояние блока, и потенциометры для оптимизации рабочих параметров. На вход блока подается опорный сигнал напряжения (0–10 В) или тока (4–20 мА). На рис. 3 представлена структурная схема блока управления пропорциональным электромагнитом с обратной связью по положению золотника и элементов контроля и управления.

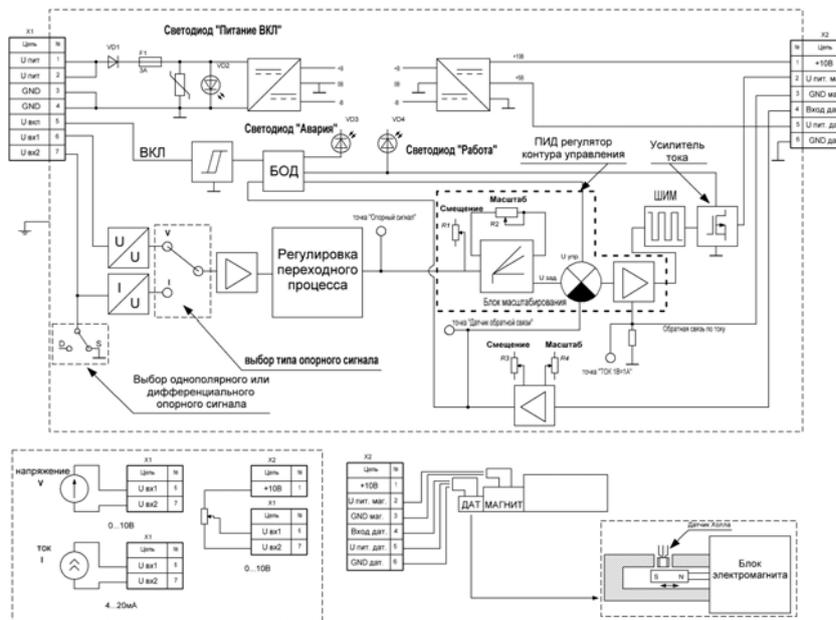


Рис. 3. Структурная схема блока управления пропорциональным электромагнитом с обратной связью по положению золотника и элементов контроля и управления

Блок управления имеет ряд независимых друг от друга регулировочных элементов не оперативного назначения ($R1$ – регулирует смещение минимального тока; $R2$ – позволяет регулировать крутизну преобразования; $R3$ – установка нуля датчика положения; $R4$ – для регулировки крутизны преобразования датчика обратной связи) для обеспечения требуемого характера преобразования управляющего воздействия для перемещения золотника по заданным параметрам.

Дополнительно в блоке предусмотрена регулировка частоты переключения ШИМ в диапазоне регулировки – от 60 до 400 Гц. Правильный выбор частоты переключения позволяет снизить значение гистерезиса при каждом конкретном применении системы управления с привязкой к параметрам рабочих органов.

Литература

1. Интеллектуальная гидравлика: приводы с пропорциональным управлением. – 2011. – Режим доступа: <http://konstruktor.net/podrobnее-hidr/items/intellektualnaja-gidravlika-privody-s-proportcionalnym-upravlenie.html>. – Дата доступа: 11.03.2014.
2. D. Scholz. Proportional hydraulics / D. Scholz. – Copyright by Festo Didactic GmbH & Co. – Denkendorf. – 2002. – 124 p.
3. Пропорциональная техника и техника сервоклапанов. Учебный курс гидравлики / А. Шмитт [и др.]. – Лор на Майне (ФРГ) : Маннесманн Рексрот ГмбХ, 1986. – 323 с. : ил.

СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ МИКРОКЛИМАТА

Е. А. Ильющиц

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

Научный руководитель А. В. Сахарук

Беспроводная среда постепенно входит в нашу жизнь. Трудность установки кабеля – фактор, который дает беспроводной среде неоспоримое преимущество по сравнению с проводным соединением. Она может оказаться полезной в любых ситуациях.

В данной системе дистанционного контроля микроклимата обмен данными между измерительной и диспетчерской частью происходит через радиоканал, организованный с помощью приемопередатчиков NRF24L01. Данный модуль имеет порядка 27 регистров настройки, от правильной установки каждого из них зависит дальнейшая работоспособность, поэтому были разработаны библиотеки, которые значительно ускоряют и упрощают работу с ними. Дальность связи таких приемопередатчиков в условиях прямой видимости составляет до 100 м, в помещении до 30 м. Максимальная скорость передачи 2 Мбит/с.

Система состоит из двух основных блоков (рис. 1):

- 1) измерительный;
- 2) диспетчерский.

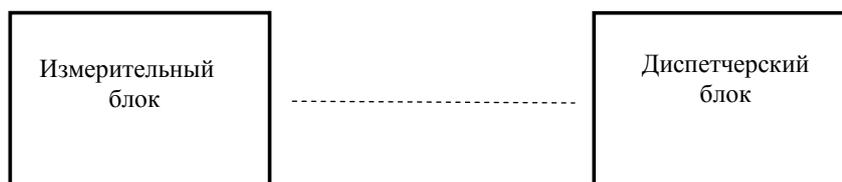


Рис. 1. Структурная схема

Измерительный блок

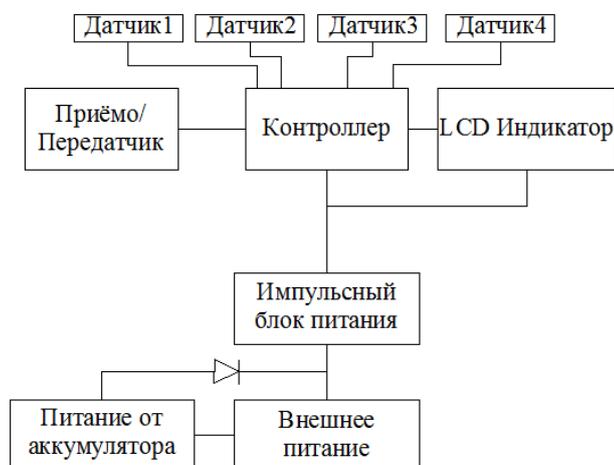


Рис. 2. Структурная схема измерительного блока

Данный блок осуществляет следующие функции:

- сбор информации с внешних датчиков;
- предварительная обработка полученных данных;
- передача обработанной информации в диспетчерскую часть посредством беспроводного канала связи.

К измерительному блоку можно подключить до четырех датчиков, использующих протоколы I2C, 1-wire. Данные, полученные с датчиков, формируются в пакет и отправляются на диспетчерский блок. Максимальная длина одного пакета составляет 32 байта.

Диспетчерский блок



Рис. 3. Структурная схема диспетчерского блока

Данный блок предназначен для:

- получения информации с измерительных блоков;
- итоговой обработки;
- информирования диспетчера.

Перед началом работы диспетчерский блок выдает каждому измерительному блоку уникальный серийный номер и выделенный канал связи для дальнейшего общения, после составляется таблица с информацией о том, какие блоки подключены, какие у них серийные номера, какой канал связи и какие они производят измерения.

Каждый диспетчерский блок может обслуживать до шести измерительных блоков, т. е. получать данные от 24 датчиков. Так как связь двунаправленная, то доступна возможность осуществления контроля над какой-нибудь системой или процессом на удаленном расстоянии.

В качестве диспетчерского блока используется одноплатный компьютер Raspberry Pi, с установленной на нем операционной системой Linux. Вся приходящая информация от измерительных блоков сохраняется на сервере, после чего передается в глобальную сеть Интернет.

Литература

1. Официальный сайт производителей ARM. – Режим доступа: <http://www.arm.com>. – Дата доступа: 01.04.2014.
2. Официальный сайт производителей raspberry / Официальный сайт производителя одноплатного компьютера raspberry. – Великобритания, 2012. – Режим доступа: <http://www.raspberrypi.org>. – Дата доступа: 01.04.2014.

ПОМЕХОЗАЩИЩЕННЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ ЕМКОСТНЫХ ДАТЧИКОВ

Е. В. Кочешов

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

Научный руководитель Ю. А. Козусев

Цифровые измерители R , L , C -параметров используют аperiodические переходные процессы в RC - или RL -цепях с начальным уровнем U_0 и асимптотическим нулевым уровнем. Интервал времени между началом переходного процесса и моментом, когда напряжение уменьшается до уровня U_0/e , равен постоянной времени цепи τ . Постоянная времени активно-емкостной цепи равна RC , а активно-индуктивной L/R . При известном постоянном значении образцового сопротивления R постоянная времени τ прямо пропорциональна измеряемым величинам C или L .

Такой метод применяют также для измерения конденсаторов и различных физических величин с помощью емкостных датчиков.

Используя образцовый резистор R , постоянная времени τ прямо пропорциональна емкости C . Такой метод используется, например, для измерения расхода топлива в автомобилестроении.

Структурная схема на рис. 1 обобщает схемы измерителей R , L , C -параметров [1, рис. 4.27, 4.28], [2, рис. 11, 12], [3, рис. 8.31].

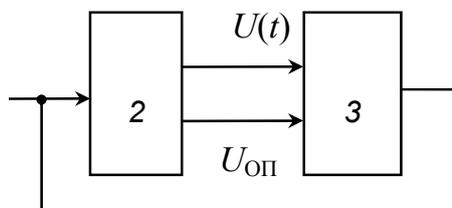


Рис. 1

Блок управления 1 формирует сигнал начала переходного процесса, поступающий на входы источника сигнала переходного процесса 2 и цифрового измерителя временных интервалов 4.

Источник сигнала переходного процесса 2 содержит контролируемые RC - или RL -цепи, формироваватели напряжений начального уровня U_0 и опорного уровня $U_{оп} = U_0 / e$, электронные ключи. Напряжение переходного процесса $U(t)$ и опорный уровень $U_{оп}$ сравниваются компаратором 3. В момент их равенства компаратор вырабатывает сигнал окончания процесса измерения, а измеритель 4 формирует код, пропорциональный постоянной времени τ и, следовательно, измеряемому параметру.

Погрешности измерения, свойственные методу измерения постоянной времени путем сравнения напряжения переходного процесса с опорным напряжением, проанализированы в работе [4].

Недостаток устройства – низкая точность измерения, обусловленная погрешностью сравнения сигнала с опорным уровнем и погрешностью квантования времени разряда конденсатора при контроле конденсаторов малой емкости и емкостных датчиков с малыми изменениями емкости.

Кроме того, устройство обладает низкой помехозащищенностью, особенно при контроле параметров емкостных датчиков, установленных на технологических объектах, удаленных от средства измерения. В каналы связи системы сбора информации от удаленных датчиков и измерительных преобразователей проникают промышленные помехи и шумы, их влияние существенно выше, чем при проведении лабораторных измерений.

Цель исследования – повышение точности и помехозащищенности устройства для измерения емкости.

Для решения поставленной задачи разработано устройство для измерения постоянной времени переходного процесса, формирующее код в течение расширенного интервала времени, пропорционального измеряемой величине – емкости конденсатора (рис. 2).

Повышается и помехозащищенность измерения за счет применения интегратора.

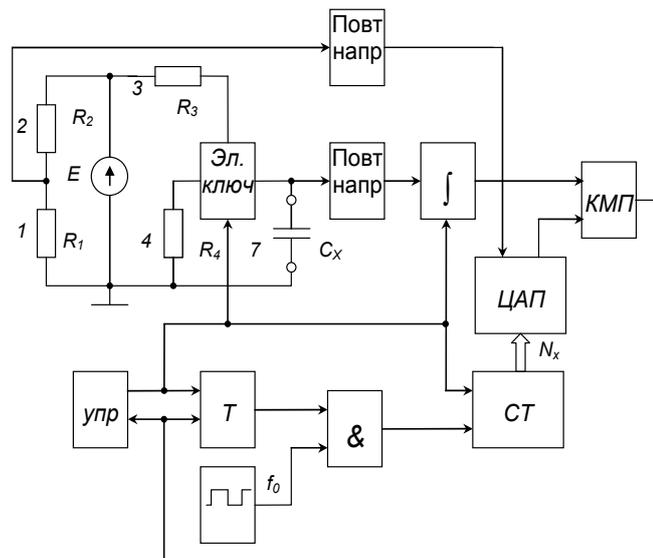


Рис. 2

На рис. 3 приведены временные диаграммы сигналов, поясняющие работу устройства.

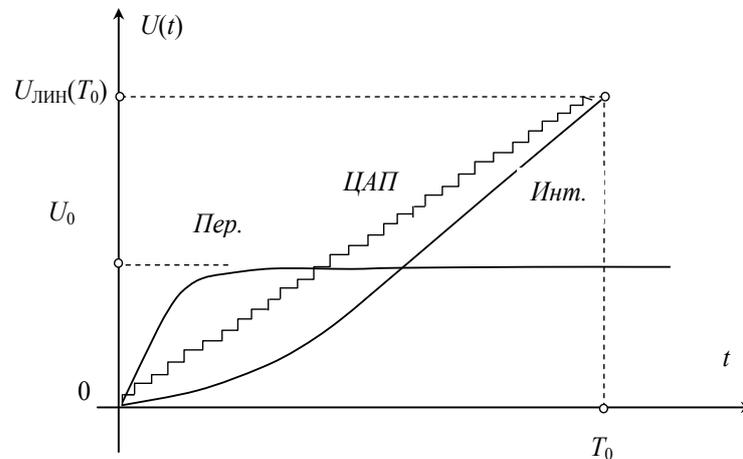


Рис. 3

В исходном состоянии счетчик и интегратор обнулены, выход электронного ключа с конденсатором C_X соединен с его вторым входом. Конденсатор C_X разряжен через разрядный резистор R_4 .

Сигналом с выхода блока управления выход ключа с конденсатором C_X подключается к первому его входу с зарядным резистором R_3 .

Напряжение на конденсаторе изменяется по закону

$$U_c(t) = E(1 - e^{-t/\tau}), \quad (1)$$

где E – напряжение источника \mathcal{E} ; $\tau = R_3 C_X$ – постоянная времени.

Через второй повторитель напряжения напряжение (в устройстве исключает влияние входного сопротивления интегратора) конденсатора поступает на вход интегратора. На выходе:

$$U_{\text{инт}}(t) = \frac{1}{T_{\text{и}}} \int_0^t U(t) dt = \frac{1}{T_{\text{и}}} \int_0^t E(1 - e^{-t/\tau}) dt = \frac{E}{T_{\text{и}}} [t - \tau(1 - e^{-t/\tau})], \quad (2)$$

где $T_{\text{и}}$ – постоянная интегрирования.

Одновременно с началом переходного процесса заряда конденсатора триггер (Т) переводится в единичное состояние, через элемент И (&) импульсы генератора поступают на счетный вход счетчика. Цифровой код счетчика поступает на входы ЦАП, на выходе которого формируется напряжение, пропорциональное количеству импульсов, поступивших на вход счетчика.

Временная зависимость кода счетчика

$$N(T) = T f_0, \quad (3)$$

где f_0 – частота импульсов генератора.

Опорное напряжение ЦАП формируется делителем напряжения на резисторах 1 и 2:

$$0U = mE = \frac{R_2}{R_1 + R_3} E. \quad (4)$$

Выходное напряжение ЦАП

$$U_{\text{ЦАП}}(t) = U_{\text{МР}} N(t) = \frac{U_{\text{ОП}}}{N_0} t f_0 = E \frac{m}{N_0} t f_0, \quad (5)$$

где $U_{\text{МР}} = U_{\text{ОП}} / N_0$ – единица младшего разряда ЦАП; N_0 – максимальный цифровой код счетчика и ЦАП.

Компаратор фиксирует момент времени T_X равенства выходных напряжений напряжением интегратора и ЦАП. Сигнал компаратора возвращает триггер в исходное состояние, элемент И закрывается, поступление импульсов генератора в счетчик прекращается. В счетчике хранится код, а на выходе ЦАП сформировано напряжение, пропорциональное измеряемой величине. Время T_X – корень уравнения:

$$U_{\text{ИНТ}}(T_X) = U_{\text{ЦАП}}(T_X); \quad (6)$$

$$\frac{E}{T_{\text{И}}} [T_X - \tau(1 - e^{-T_X/\tau})] = E \frac{m}{N_0} T_X f_0. \quad (7)$$

Параметры N_0 , f_0 , $T_{\text{И}}$ и m выбираются таким образом, чтобы выполнялось условие $T_X \gg \tau$, тогда $e^{-T_X/\tau} = 0$, и из уравнения (7) находим

$$T_X = \frac{\tau}{1 - \frac{m}{N_0} T_{\text{И}} f_0}. \quad (8)$$

Например, при измерении на пределе измерения до $C_{\text{МАХ}} = 10$ пФ можно выбрать $R_3 = 1$ МОм, $\tau_{\text{МАХ}} = R_3 C_{\text{МАХ}}$. Параметры могут быть следующими: $N_0 = 100$, $f_0 = 1$ МГц, $T_{\text{И}} = 100$ мкс.

Тогда

$$T_X = \frac{\tau}{1 - m}, \quad (9)$$

а код в счетчике

$$N_X = \frac{f_0}{1 - m} \tau = \frac{f_0}{1 - m} \tau. \quad (10)$$

При $m = 0,9$ получим $T_X = 10\tau$ и код в счетчике

$$N_X = 10 f_0 \tau = 10 f_0 R_3 C_{L_X}. \quad (11)$$

Например, при $C_X = 5$ пФ, $\tau_X = R_3 C_X = 5$ мкс, $T_X = 50$ мкс, $N_X = 50$. Методическая относительная погрешность измерения пренебрежимо мала.

$$e^{-T_0/\tau} = e^{-10} \approx 5 \cdot 10^{-5}.$$

Следовательно, по сравнению с известными устройствами заявляемое обладает на порядок меньшей погрешностью дискретности, кроме того, за счет интегрирования напряжения переходного процесса уменьшается случайная погрешность измерения и повышается помехозащищенность.

Литература

1. Измерения в электронике : справочник / В. А. Кузнецов [и др.] ; под ред. В. А. Кузнецова. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – С. 205–207.
2. Кукуш, В. Д. Электрорадиоизмерения / В. Д. Кукуш. – М. : Радио и связь, 1985. – С. 315–317.
3. Орнатский, П. П. Автоматические измерения и приборы (аналоговые и цифровые) / П. П. Орнатский. – 5-е изд. – Киев : Вища шк., 1986. – С. 377–378.
4. Error minimization in time-constant measurements. Rusek A. «IEEE Trans. Instrum. and Meas.», 1987, 36, № 1, 29–31.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ С ПЕРЕДАЧЕЙ ИНФОРМАЦИИ ПО РАДИОКАНАЛУ

И. В. Ларьков

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

Научный руководитель В. О. Старостенко

В современном мире существует огромное количество устройств, которые связаны между собой проводами. В свою очередь большое количество проводов создает множество проблем, так как их легко повредить, они занимают много места и стоят недешево. Целью данного проекта было создание такой системы, которая бы могла контролировать все процессы посредством радиоканала без использования проводного подключения, а также передавать полученные данные на персональный компьютер для дальнейшей обработки.

Области применения для такого проекта достаточно широки. Такую систему можно внедрить как на предприятиях для опроса датчиков, а также для управления оборудования, может применяться для контроля за энергоснабжением, отоплением, освещением и в охранных системах, на различных сельскохозяйственных и промышленных машинах, так и в здравоохранении, для мониторинга состояния больных. Конкретно в нашем случае мы собирались применять эту систему для мониторинга работы комбайна.

Для осуществления поставленной задачи был изучен рынок радиопередатчиков с целью выбора оптимального для данного проекта. Среди большого количества предлагаемых радиопередатчиков был выбран nrf24l01+. Мы сравнивали nrf24l01+ с такими готовыми решениями, как ZigBee и Z-Wave. nRF24l01+ существенно выигрывает у представленных систем в стоимости, его максимальная скорость передачи 2 мбит/с, тогда как у ZigBee 250 кбит/с, а у Z-Wave 40 кбит/с. В силу своих особенностей Z-Wave больше подходит для домашних систем, поэтому мы больше не будем его рассматривать. Радиус действия nrf24l01+ около 50 м, но можно увеличить

до километра, используя дополнительную антенну и усилитель, тогда как радиус действия ZigBee около 75 м. Оба работают на свободной частоте 2,4 ГГц. Главное преимущество ZigBee над NRF24101+ – это наличие ячеистой (mesh) топологии, позволяющей без особых усилий заменять модули и расширять систему. NRF24101+ больше подходит для создания неизменяющихся систем. NRF24101+ управляется с помощью синхронного интерфейса SPI, обладает уникальной системой передачи пакетов Enhanced ShockBurst и низким энергопотреблением. Главным недостатком является довольно трудоемкий процесс расширения системы.

Датчик имеет два режима ожидания, один основной, в который датчик переходит после включения до начала приема или передачи данных, и дополнительный режим ожидания, в который датчик переходит после передачи данных и ожидает, когда буфер заполнится, чтобы осуществить очередную передачу данных в режиме пониженного потребления, благодаря которому можно использовать небольшие солнечные батареи и ионисторы для работы передатчика, где это возможно. Также в этом режиме регистры датчика доступны для работы по SPI.

Приемник может получать данные от 6 различных линий данных, в одном частотном канале. Каждая линия данных имеет свой персональный адрес, что исключает путаницу в полученных данных. Приемнику задается только один адрес, а передатчику – шесть, каждой линии данных свой. Тут стоит учесть, что полностью уникальным можно задать адрес только первой линии. У остальных линий отличаться будет только последний байт. Адрес можно задавать как 3-, 4-, так и 5-байтный. За раз приемник только с одной линии может принимать пакет.

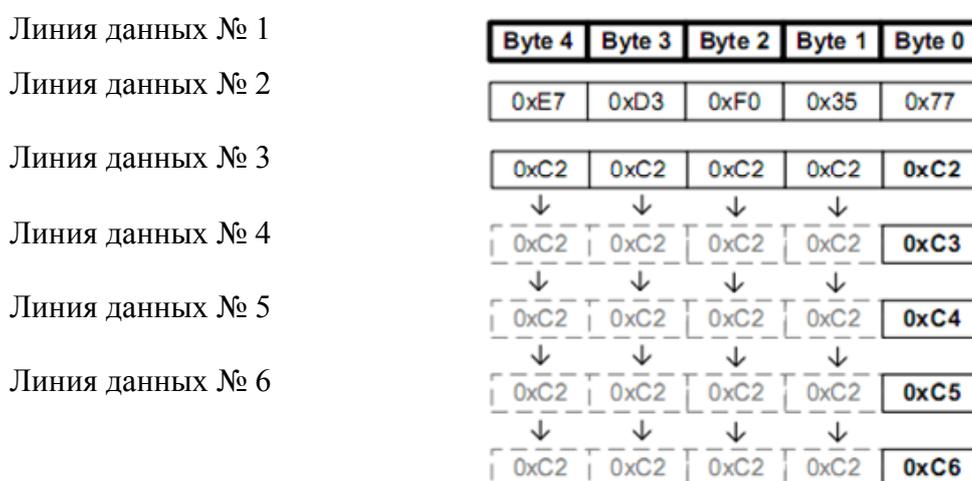


Рис. 1. Пример адресации линейных данных

Радиомодуль nrf24101+ обладает системой Enhanced ShockBurst. Enhanced ShockBurst – это система передачи данных, обладающая динамически создаваемыми пакетами с длиной передаваемой информации от 1 до 32 битов, автоматической обработкой пакетов, автоматическим подтверждением приема и повторной передачи, что существенно повышает надежность передачи. Enhanced ShockBurst позволяет реализовать низкое энергопотребление, значительно улучшить энергоэффективность для дву- и однонаправленных систем, не нагружая дополнительно принимающий микроконтроллер.

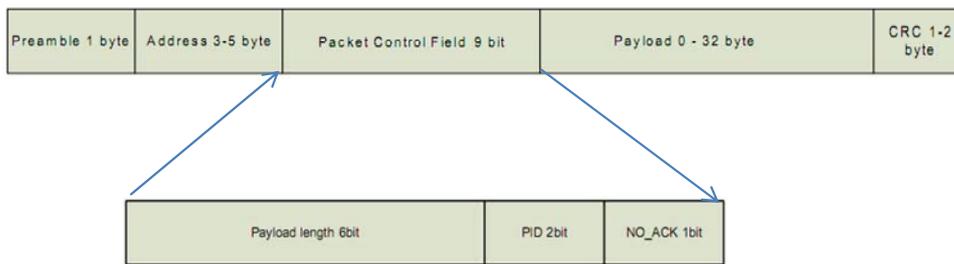


Рис. 2. Структура пакета Enhanced ShockBurst

Структурно пакет Enhanced ShockBurst состоит из: вводного поля, адреса, поля управления пакетами, поля передаваемой информации и CRC. Вводное поле – это последовательность байтов, которая используется для определения 0 и 1 уровней в приемнике. Длина вводного поля – 1 байт и также 01010101 или 10101010. Если первый байт в адресе – цифра один, то вводное поле автоматически установлено на 10101010, а если первый байт 0, то 01010101. Это сделано для того, чтобы убедиться в достаточном количестве переходов в вводном поле, чтобы стабилизировать приемник. Адрес гарантирует, что приемником определен верный пакет. Адреса, где сдвиги уровней происходят только 1 раз (например 000FFFFFFF) могут быть определены как шум или неверное обнаружение, которое может привести к ошибке. Адрес может быть от 3, 4 или 5 байт длиной. Поле управления пакетами состоит из 9 бит. 6 бит указывают длину передаваемой информации, 2 бита используются для того, чтобы выяснить, является ли полученный пакет новым или вторично передаваемым, еще один является флагом использования автоподтверждения получения пакета. Автоподтверждение – это функция, которая позволяет автоматически передавать пакет подтверждения передатчику, после того как пакет утвержден. Если этот приемник не получает подтверждения, то происходит автоматическая повторная передача. Когда флаг автоподтверждения не стоит, то оно отключено. Длина поля передаваемой информации может задаваться в конфигурации или определяться динамически. CRC – это механизм обнаружения ошибок в пакете. Пакет не принимается Enhanced ShockBurst, если CRC выдает ошибку. Обработка принятого и формирование нового пакетов происходит автоматически.

Нами была выполнена система на микроконтроллерах PIC18f2320, но система не зависит от того, какой именно микроконтроллер выбран, можно использовать любой. Это мы проверили на примере подключения к системе микроконтроллерной платы Arduino. Разработанная нами система работает в режиме пониженного потребления, а также с расчетом на последующую обработку полученных данных контроллером. Теоретически разработан протокол, позволяющий подключать больше 6 передатчиков, но тогда уменьшается надежность системы. Далее планируется проверить работоспособность этого протокола.

В заключение отметим достоинства и недостатки разработанной системы. К достоинствам стоит отнести широкую область применения, достаточно высокую надежность передачи, низкую стоимость и низкое энергопотребление. Из недостатков выделим довольно трудоемкий процесс расширения системы.

Литература

1. Шпак, Ю. А. Программирование на языке Си для AVR и PIC микроконтроллеров / Ю. А. Шпак. – М.: Корона-Век, 2011.
2. Новицкий, А. С. SPI в микроконтроллерах от А до Я. Часть 1 / А. С. Новицкий // Компоненты и технологии. – 2009. – № 3.

**СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИХ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ****В. Н. Головки***Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель В. А. Карпов

В настоящее время на промышленных предприятиях Республики Беларусь, Российской Федерации, Казахстана и Украины эксплуатируется высокотехнологичное оборудование, в состав которого входят быстродействующие гидравлические распределители с пропорциональным управлением (ГРПУ) (рис. 1) [1]. ГР такого типа работают в многоконтурных системах точного позиционирования и управления давлением в рабочих полостях гидроцилиндров и гидромоторов, а также в составе комплексов сейсмической разведки не взрывного типа.

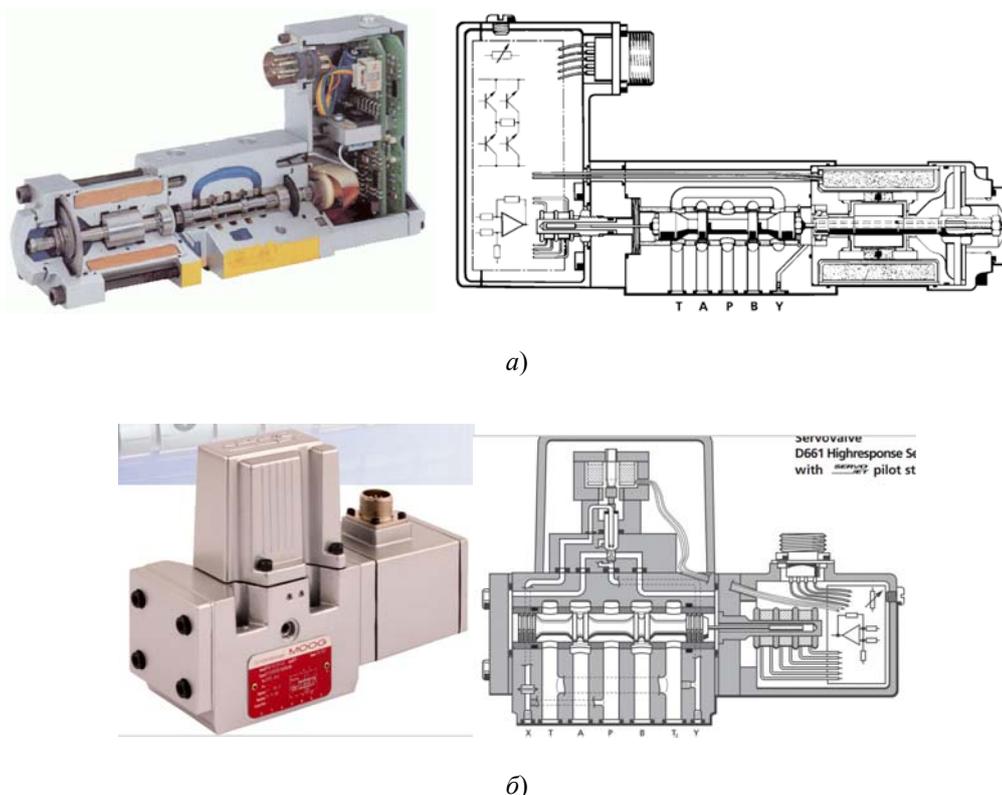


Рис. 1. Быстродействующие пропорциональные гидрораспределители фирмы MOOG:
а – D633; б – D661

Основные технические характеристики распределителей, показанных на рис. 1, подразделяются на две группы: динамические и статические. К динамическим характеристикам относятся: быстродействие, гистерезис и амплитудно-фазовая частотная характеристика (АФЧХ). К статическим характеристикам относятся гидравлические характеристики, зависящие от сигнала управления и положения запорно-регулирующего элемента (ЗРЭ) (золотника, сопла, дросселирующей заслонки и т. д.).

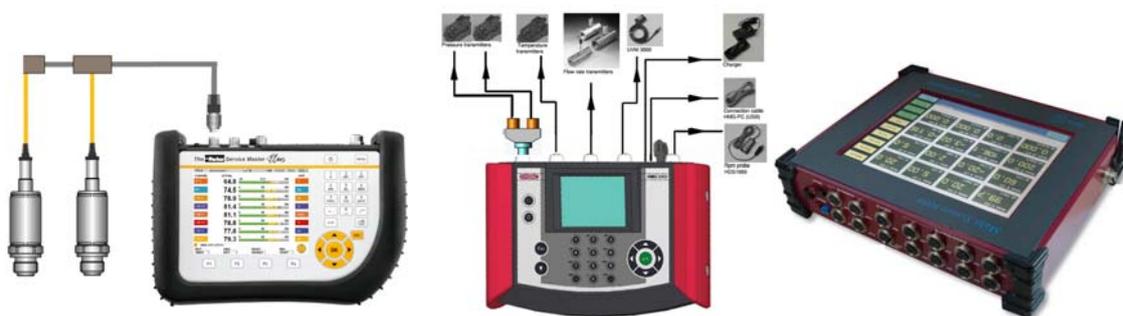


Рис. 2. Портативные системы сбора данных

При проведении работ по диагностике и ремонту ГРПУ возможностей портативного оборудования, широко представленного на рынке, таких производителей как ParkerHannifin (рис. 2, а), HYDAC (рис. 2, б), Hydratechnik (рис. 2, в) [2], явно недостаточно, поскольку такое оборудование способно определять только статические характеристики ($Q(P)$, $Q(n)$ и т. д.). Измерение гидравлических динамических характеристик, при получении которых требуется наличие сигнала управления испытываемому ГРПУ, не предусмотрено.

Для получения динамических характеристик работы ГРПУ согласно нормативно-технической документации (НТД) [3], [4], требуется задание сигнала управления специальной формы и контроля одновременно (с малой задержкой около 0,1 мс) нескольких параметров с определенной частотой дискретизации цифрового сигнала.

Проанализировав частотные характеристики серийно выпускаемых быстродействующих ГРПУ ведущих фирм производителей, установлено, что их рабочий диапазон частот лежит в пределах 10–500 Гц при спаде уровня амплитуды на -3 Дб/дек. Для получения сигнала управления приемлемой формы необходимо задавать его с частотой дискретизации в 10–20 раз больше, чем рабочая частота ГРПУ. Таким образом, частота работы тактового генератора ЦАП/АЦП управляющего и измеряющего цифрового преобразователя должна лежать в пределах от 100 Гц до 10 кГц.

Чтобы построить характеристику гистерезиса работы запорно-регулирующего элемента ГРПУ, требуется задание сигнала управления положением по закону треугольника с периодом в 1–3 с и рабочей амплитудой в соответствии с паспортными данными испытываемого ГРПУ. При этом необходимо контролировать и записывать два параметра: перемещение (по датчику положения) и величину сигнала управления.

При получении переходного процесса перемещения ЗРЭ требуется подача сигнала управления в виде прямоугольных импульсов с временем нарастания и спада сигнала в 5–10 раз меньше, чем время перемещения ЗРЭ. Одновременно с этим процессом требуется измерять и записывать те же два сигнала, что и при построении петли гистерезиса, но графики полученных характеристик строятся относительно одной шкалы времени.

Для получения амплитудно-частотной характеристики (диаграмма Бодэ) движения ЗРЭ требуется измерять положение по датчику и частоту подаваемого сигнала. Подаваемый сигнал должен быть задан с монотонно изменяющейся частотой и постоянной амплитудой (sweep-сигнал).

Во время проведения работ по испытаниям в гидравлически не нагруженном режиме (без подвода давления в рабочие полости) использовались два ГРПУ фирмы MOOG модели D633 (см. рис. 1), один из которых заведомо был не исправен. Управление ГРПУ модели D633 осуществляется токовым сигналом 4–20 мА [1]. Измере-

ние положения золотника осуществляется встроенным датчиком перемещения с токовым выходом 4–20 мА. В соответствие с техническим паспортом на изделие время переходного процесса движения золотника составляет 12 мс, гистерезис 0,2 %, частота при 90%-й величине сигнала управления, на которой происходит спад амплитуды на –3дБ – 25 Гц.

В результате анализа технических характеристик согласно паспортным данным на MOOG D633-333В разработана схема управляющего измерительного устройства, которая показана на рис. 3. Устройство состоит из: генератора прямоугольных, синусоидальных и треугольных импульсов, двух преобразователей сигнала напряжения в ток (0–10 В/4 – 20 мА) и тока в напряжения (4–20 мА/0 – 10 В), источников питания (однополярного с выходным напряжением 24 В, двухполярного ± 15 В), аналого-цифрового преобразователя В-381 (АЦП), персонального компьютера и программного обеспечения, специально разработанного для работы с вышеуказанным АЦП.

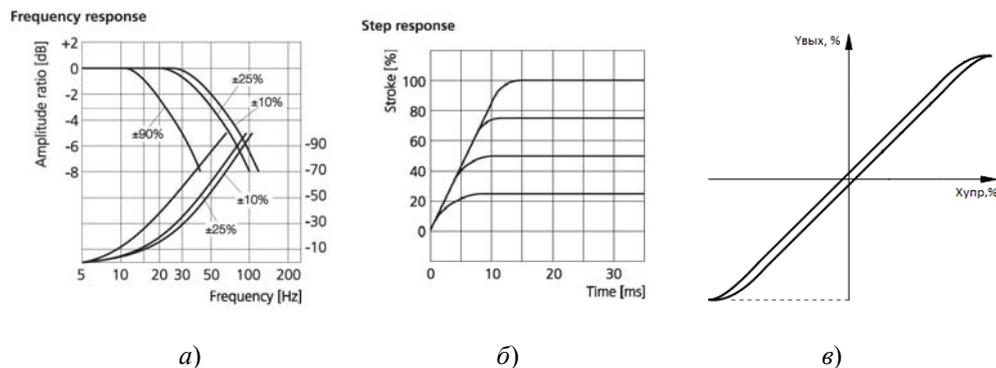


Рис. 2. Динамические характеристики работы ГРПУ фирмы MOOG D633: а – АФЧХ; б – быстродействие; в – гистерезис

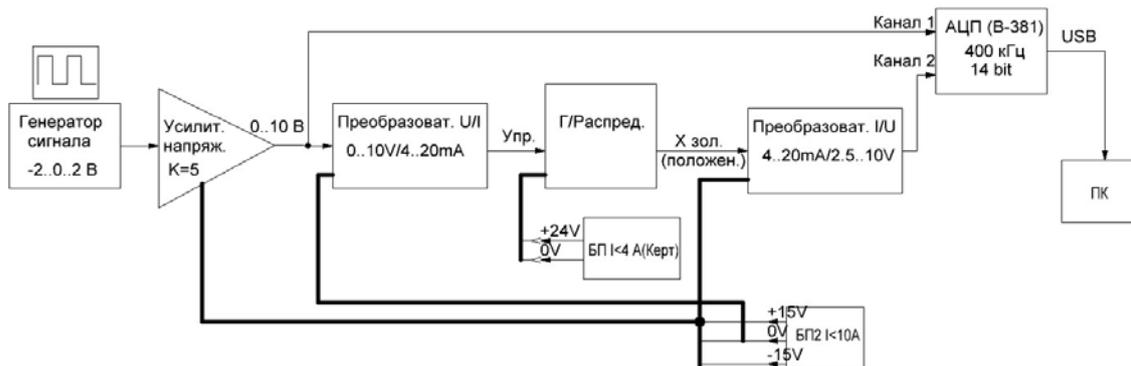


Рис. 3. Общая схема управляюще-измерительной системы для диагностики ГРПУ

Программное обеспечение для работы с АЦП/ЦАП было создано в графической среде разработки приложений LabVIEW с использованием функций доступа к DLL-библиотеке драйверов производителя посредством вызова команды «Call Library Function Node» [4]. Программное обеспечение осуществляет подключение к АЦП/ЦАП по интерфейсу USB, конфигурирует настраиваемые вспомогательные па-

раметры его работы, запускает на измерение сигналов по каналам № 1 и № 2, считывает из внутренней памяти данные, после чего выводит на экран в удобной форме для испытателя в виде графиков, таблиц, позволяет сохранять данные измерений в файл.

В результате проделанной работы определены недостатки существующих измерительных комплексов для диагностики гидравлических устройств. А именно:

- отсутствие возможности задавать сигнал управления по закону, который требуется испытателю, для получения частотных и гидравлических характеристик;
- низкая частота дискретизации работы внутреннего генератора АЦП, которая требуется для получения точности измерений (положения, давления и т. д.);
- не предусмотрено программное обеспечение, позволяющее представлять результаты измерений в требуемом виде согласно НТД на испытания ГРПУ.

В работе предложено техническое и программное решение (ТиПР). Используя ТиПР, проведены экспериментальные испытания в гидравлически ненагруженном режиме двух ГРПУ один, из которых находился в заведомо не исправном состоянии

Литература

1. Каталог фирмы MOOG Industrial.
2. Руководства по эксплуатации измерительных приборов фирм: ParkerHannifin, HYDAC, Hydrotechnik.
3. ГОСТ 28971–91. Гидропривод объемный. Сервоаппараты. Методы испытаний.
4. ISO 6404–85. Hydraulic fluid power. Servovalves. Test methods.
5. Тревис, Дж. LabVIEW для всех / Дж. Тревис : пер. с англ. Клушин Н. А. – М. : ДМК Пресс ; ПриборКомплект, 2004. – 544 с. : ил.

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОГО ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ ПРИЕМНОЙ ЧАСТИ ВНУТРИТРУБНОГО ГЕРМЕТИЗАТОРА

В. Н. Попов

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

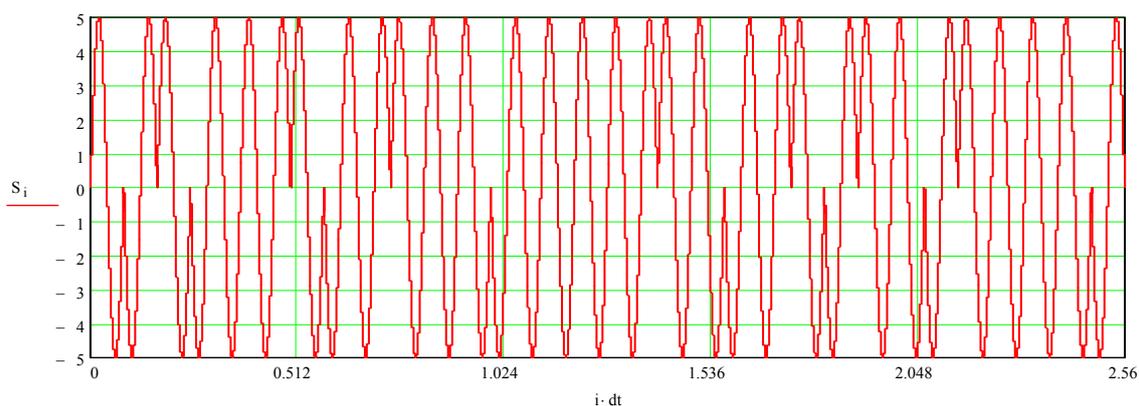
Научные руководители: А. В. Сахарук, Ю. В. Крышнев, В. О. Старостенко

Для определения местоположения герметизатора в трубопроводе необходимо периодическое излучение пачек импульсов, по мощности которых можно будет судить о местоположении внутритрубного снаряда.

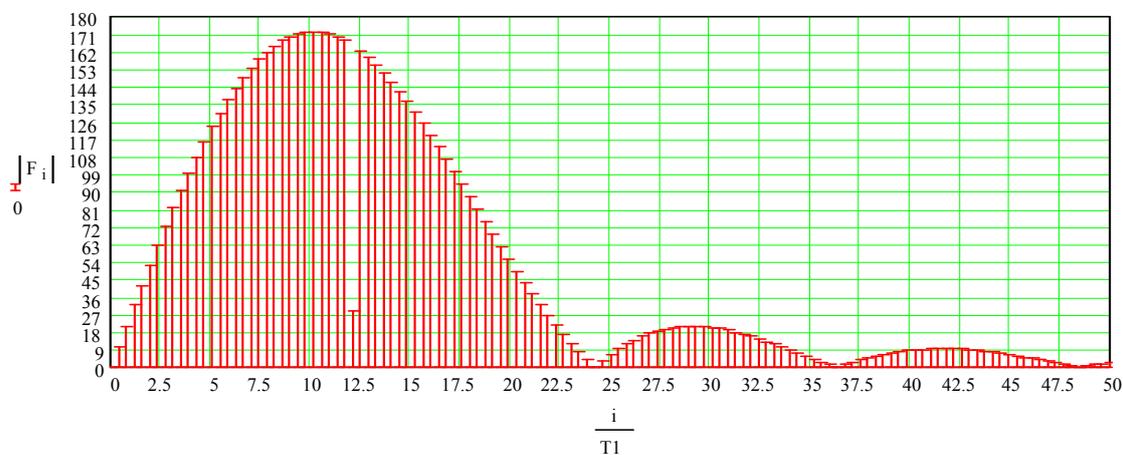
Фильтр предназначен для усиления сигнала, поступающего из приемной антенны через предварительный усилитель и устранения влияния помех, главным образом частоты промышленной сети 50 Гц, и кратных данной частоте. Информационный сигнал представляет собой M-последовательность длиной 31 символ, пример кодовой посылки показан на рис. 1, а.

Спектр информационного сигнала имеет вид, показанный на рис. 1, б. Можно сделать вывод, что 80 % энергии сигнала содержится в полосе от 0 до 25 Гц.

В настоящее время используется аналоговый фильтр низких частот Баттерворта 10-го порядка. Он представляет собой электронную схему, реализуемую на основе пяти операционных усилителей, что в экономическом плане не выгодно.



а)



б)

Рис. 1. Кодовая посылка с использованием М-последовательности (а);
спектр информационного сигнала (б)

В качестве замены нынешнего фильтра предлагается цифровой эллиптический ФНЧ 8-го порядка на основе микросхемы LTC1064. Максимальная частота среза фильтра 100 кГц, она может меняться в зависимости от частоты, которая подается на вывод CLK в соотношении 1 : 50 или 1 : 100 (задается логическим состоянием вывода 50/100).

Экспериментально снятые АЧХ данного фильтра при разных частотах среза приведены на рис. 2. Также была пропущена через фильтр М-последовательность. Результаты прохождения приведены на рис. 3.

На рис. 4 показан экспериментальный амплитудный спектр М-последовательности с выхода фильтра. Как видно из сравнения рис. 1, б и рис. 4, в целом форма амплитудного спектра сохраняется.

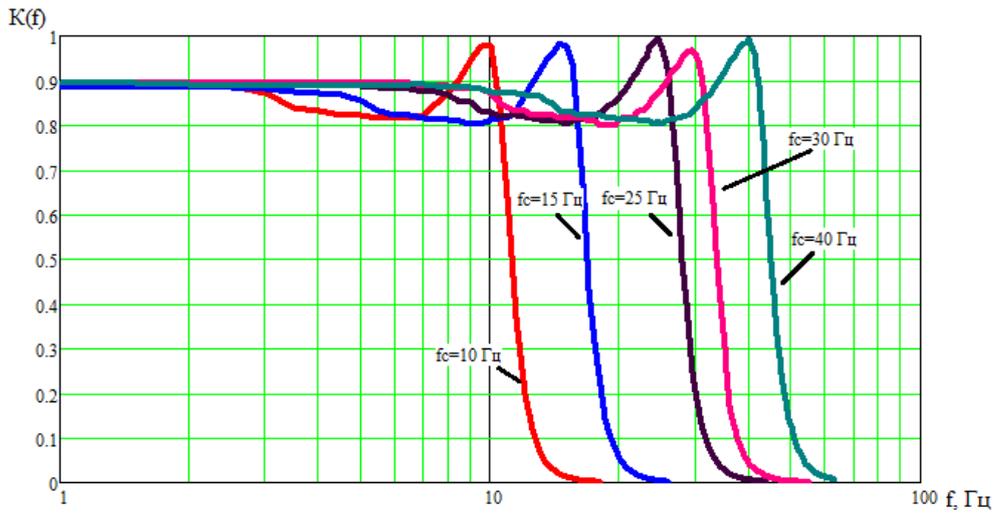


Рис. 2. АЧХ фильтра

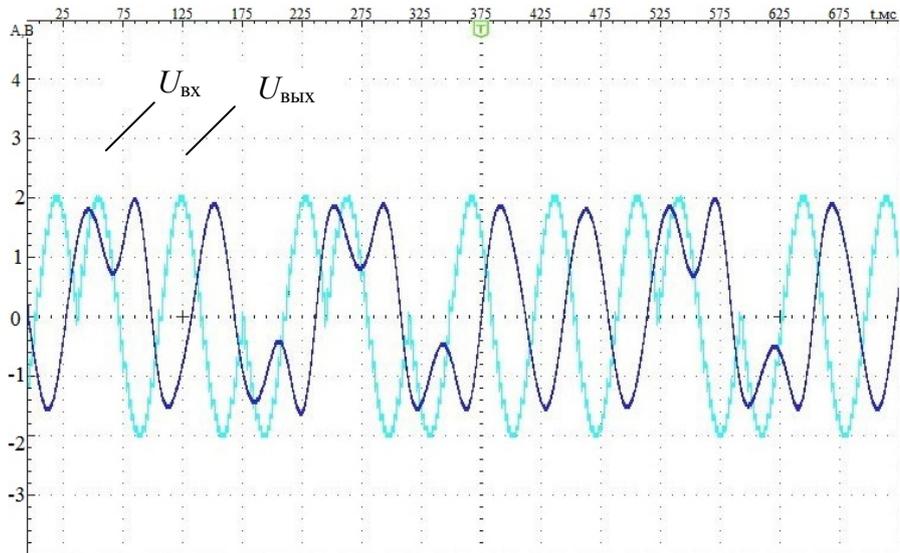


Рис. 3. Реакция фильтра на М-последовательность

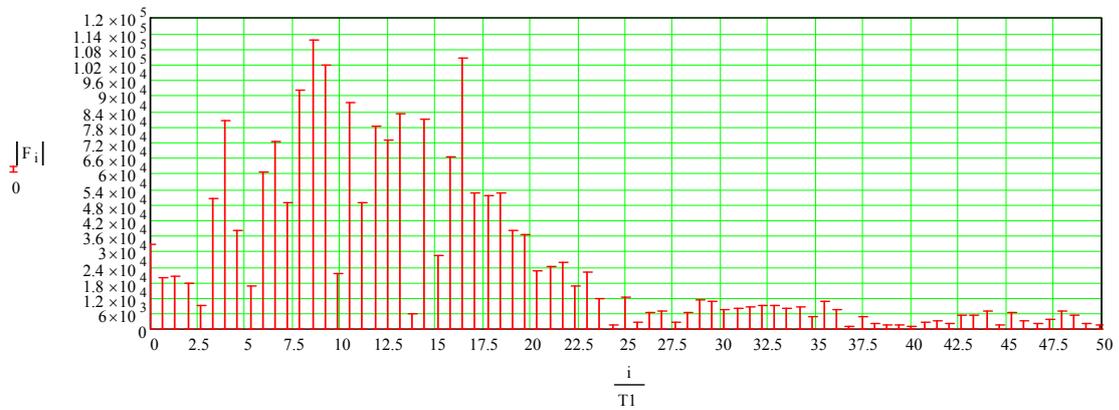


Рис. 4. Экспериментальный амплитудный спектр М-последовательности с выхода фильтра

Одним из способов оценки качества фильтра (учитывающим амплитудные и фазовые искажения) является использование функции взаимной корреляции между входным и выходным сигналами, представленными на рис. 3. При этом входной сигнал не должен содержать помех частоты 50 Гц и кратных ей. На рис. 5 представлены графики корреляционного анализа сигналов.

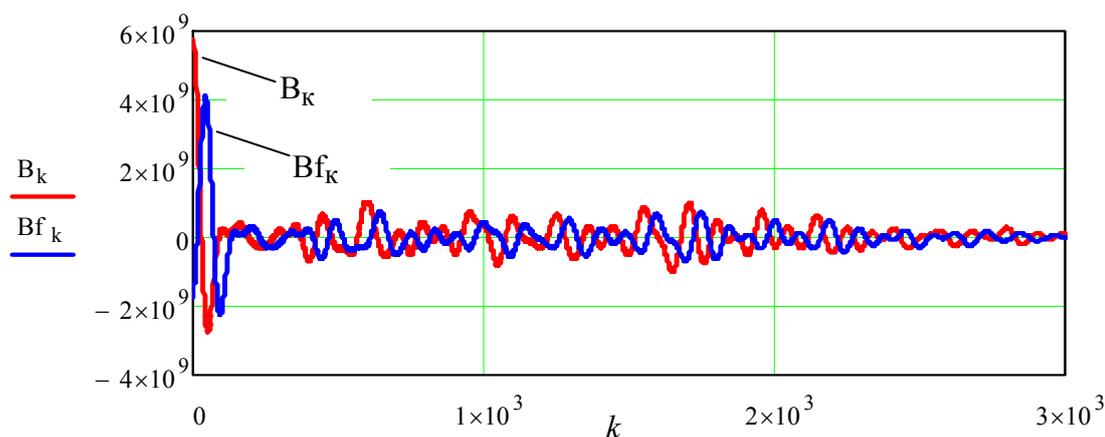


Рис. 5. Сравнение графиков автокорреляции входного сигнала (B_k) и взаимной корреляции между входным и выходным сигналами (Bf_k)

Таким образом, предложенный эллиптический ФНЧ является полноценной заменой используемого ФНЧ Баттерворта. Следует заметить, что эллиптический ФНЧ представляет собой одну МС, и его использование позволяет снизить затраты на реализацию схемы и уменьшить вероятность выхода устройства фильтрации из строя.

Литература

1. Разработка средств поиска, управления и контроля состояния внутритрубного тампонагерметизатора : отчет о науч.-исслед. работе. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009.
2. Баскаков, С. И. Радиотехнические цепи и сигналы / С. И. Баскаков, 2000. – 78 с.
3. Low Noise, 8th Order, Clock Sweepable Elliptic Lowpass Filter / Linear Technology Corporation // Официальный сайт производителя. – 2013. – Режим доступа: <http://cds.linear.com/docs/en/datasheet/10641fa.pdf>. – Дата доступа: 10.04.2014.

ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ НАПРЯЖЕНИЯ

Ю. В. Прядко

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

Научный руководитель С. Н. Кухаренко

В системах автономного электропитания, нетрадиционной энергетики, резервного электропитания возникает необходимость применения преобразователей постоянного напряжения в переменное промышленной частоты. Специфическим требованием к преобразователям такого типа является отсутствие пульсаций импульсов модуляции в выходном напряжении. Следовательно, выходное напряжение необходимо пропустить через фильтр пульсаций. Применение фильтра пульсаций, в свою

очередь, предъявляет особые требования к системе управления преобразователем. Современные средства цифровой обработки сигналов позволяют реализовать систему управления преобразователем более эффективно, чем в аналоговом виде. Применение цифрового управления позволяет оптимизировать операцию управления преобразователем, повысить КПД, обеспечить линейность регулировки тока нагрузки, снизить количество элементов системы управления, улучшить технологичность.

Целью работы является разработка устройства цифрового управления преобразователем напряжения на базе программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС).

В процессе разработки потребовалось решение ряда задач:

- разработка структурной схемы преобразователя, который содержит выходной фильтр пульсаций;
- реализация алгоритма управления, защит и блокировок;
- анализ необходимой частотной и фазовой характеристики регулятора системы управления;
- реализация цифрового регулятора системы управления.

Структурная схема преобразователя напряжения представлена на рис. 1 [4].

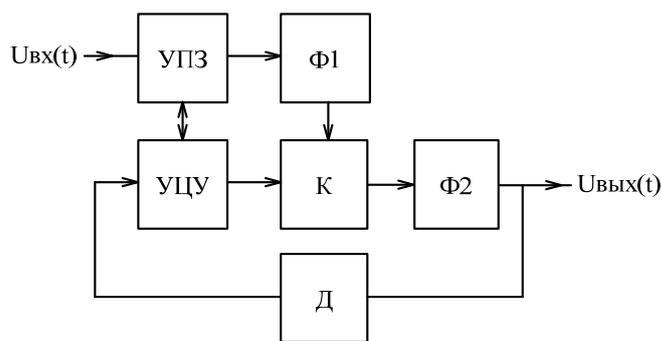


Рис. 1. Структурная схема преобразователя напряжения

Преобразователь состоит из следующих элементов: УПЗ – устройство плавного запуска; Ф1 – входной фильтр; К – силовые ключи; Ф2 – выходной фильтр; Д – датчики контроля напряжений и токов; УЦУ – устройство цифрового управления.

Главным связующим элементом преобразователя напряжения является устройство цифрового управления, которое осуществляет управление по заданному алгоритму. Алгоритм УЦУ включает в себя: алгоритм включения-выключения преобразователя; алгоритм переключения силовых ключей; алгоритм защиты от перегрузок; алгоритм цифрового широтно-импульсного регулятора.

Алгоритм включения-выключения обеспечивает плавный запуск и выключение преобразователя. Алгоритм переключения силовых ключей задает закон преобразования напряжения. Алгоритм защиты, в случае перегрузки, ограничивает токи и напряжения в силовых элементах преобразователя.

Структурная схема широтно-импульсного регулятора приведена на рис. 2.

Алгоритм цифрового широтно-импульсного регулятора выполнен на основе экспериментальной АЧХ и ФЧХ выходного фильтра Ф2 с применением цифрового фильтра с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ) [1]–[3]. Структурная схема широтно-импульсного регулятора приведена на рис. 2. Регулятор состоит из источника опорного напряжения (ИОН), двух сумматоров, цифрового фильтра (ЦФ),

широтно-импульсного модулятора (ШИМ). Пропорциональное звено (ПЗ) необходимо для нормировки сигнала обратной связи и последующей дискретизации с помощью АЦП.

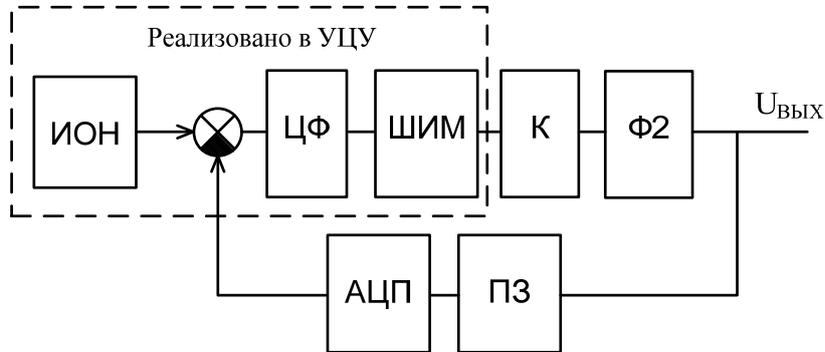


Рис. 2. Структурная схема цифрового широтно-импульсного регулятора

Схема выходного фильтра пульсаций Ф2 представлена на рис. 3.

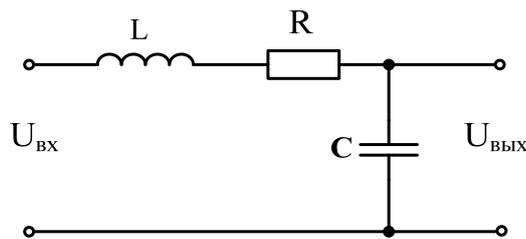


Рис. 3. Выходной фильтр Ф2

Выходной фильтр Ф2 имеет следующую передаточную функцию:

$$W_{\Phi}(p) = \frac{K}{a \cdot p^2 + b \cdot p + 1},$$

где $K = 15,42$; $a = 3,127 \cdot 10^{-8}$; $b = 2,555 \cdot 10^{-5}$ – коэффициенты, полученные экспериментально.

Передаточная функция $W_{\Phi}(p)$ использована при синтезе [5], [1] АЧХ и ФЧХ цифрового фильтра. Получено разностное уравнение (1) цифрового БИХ-фильтра, которое имеет вид:

$$U_k = a_0 E_k + a_1 E_{k-1} + a_2 E_{k-2} + b_0 U_{k-1},$$

где $a_0 = 0,291$; $a_1 = -0,530$; $a_2 = 0,259$; $b_1 = 0,679$ – коэффициенты фильтра.

Блок-схема синтезированного цифрового фильтра, соответствующая разностному уравнению приведена на рис. 4, она состоит из сумматора, коэффициентов фильтра a_0, a_1, a_2, b_1 , и задержки T , равной частоте дискретизации.

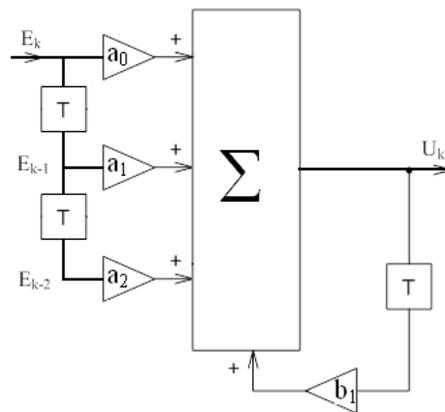


Рис. 4. Блок-схема цифрового БИХ-фильтра

На рис. 5 приведена скорректированная а) АЧХ и б) ФЧХ преобразователя напряжения.

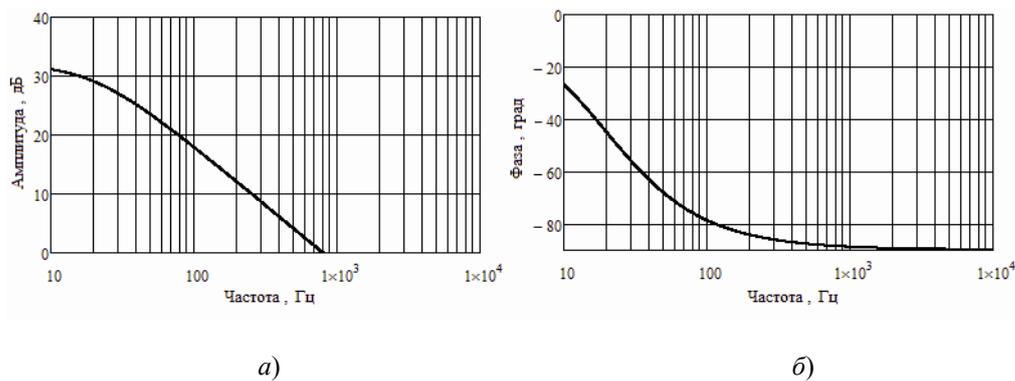


Рис. 5. Скорректированная АЧХ и ФЧХ преобразователя напряжения

В результате работы спроектировано устройство цифрового управления преобразователем напряжения на основе ПЛИС Cyclon 2 EP2C5T144C8. В системе реализован алгоритм плавного запуска преобразователя, алгоритм переключения силовых ключей с частотой ШИМа 20 кГц реализующий синусоидальное выходное напряжение, алгоритм защиты от перегрузки по току, реализован цифровой регулятор на основе БИХ фильтра, который синтезирован по экспериментальным АЧХ и ФЧХ выходного фильтра Ф2. Основные алгоритмы выполнены на языке Verilog.

Литература

1. Гоноровский, И. С. Радиотехнические цепи и сигналы : учеб. для вузов / И. С. Гоноровский. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Радио и связь, 1986. – 512 с. : ил.
2. Изерман, Р. Цифровые системы управления : пер. с англ. / Р. Изерман. – М. : Мир, 1984. – 541 с. : ил.
3. Айфичер, Э. Цифровая обработка сигналов: практический подход / Э. Айфичер, Б. Джервис. – 2-е изд. : пер. с англ. – М. : Издат. дом «Вильямс», 2004. – 992 с. : ил. – Парал. тит. англ. ISBN 5-8459-0710-1 (рус.).
4. Источники питания с цифровым управлением // Силовая Электроника. – 2012. – № 2.
5. Чети, П. Проектирование ключевых источников электропитания : пер. с англ. / П. Чети. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 240 с. : ил.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНЕРЦИОННОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В КАЧЕСТВЕ ОДОМЕТРА КОНТРОЛЬНО-ДИАГНОСТИЧЕСКОГО СНАРЯДА

А. С. Романовский

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

Научный руководитель Л. А. Захаренко

В решении экономических и социальных задач трубопроводный транспорт приобрел важное народнохозяйственное значение. Транспортировка нефти по магистральным нефтепроводам вызывает необходимость в обеспечении надежной работы трубопроводных систем. Задачи технической диагностики состоят в определении наличия и параметров дефектов стенки трубы и сварных швов (на основе информации, полученной при проведении внутритрубной инспекции участков магистрального нефтепровода). Ключевым моментом в определении аномалии является точность определения координаты, от которой зависит величина работ по исправлению дефекта в трубопроводе.

Для измерения пройденного расстояния была проведена экспериментальная оценка возможности применения блока инерциальных измерений (БИИ), содержащего трехосевой акселерометр и гироскоп. Для вычисления пути необходимо дважды проинтегрировать данные от акселерометров. Для экспериментов был выбран БИИ MPU-6050.

Основные параметры MPU-6050:

Количество осей измерения	3
Ускорение, $\pm g$	2, 4, 8, 16
Угловая скорость, $\pm \text{°/с}$	250, 500, 1000, 2000
Разрядность АЦП	16
Нелинейность, %	0,2
Интерфейс	I2C
V_{CC} , В	от 2,375 до 3,46
I_{CC} , мА	3,6
T_A , $^{\circ}\text{C}$	от -40 до 85

Кроме ускорений, возникающих при движении, акселерометры измеряют и ускорение свободного падения, поэтому даже если датчик находится в покое, то на каждой из осей измерения датчика мы будем наблюдать проекции измерения вектора g . Если ось Z разместить перпендикулярно поверхности земли, а оси X и Y параллельно, то, измерив показания датчика, должны получить:

$$Z = -g; \quad X = 0; \quad Y = 0.$$

Но, к сожалению, разместить датчик таким образом очень трудно. Поэтому во всех дальнейших измерениях требуется вычитать эту ненужную составляющую по каждой из осей. В итоге мы получаем:

$$Z = zg; \quad X = xg; \quad Y = yg,$$

где zg – проекция g на ось Z датчика; xg – проекция g на ось X датчика; yg – проекция g на ось Y датчика.

Кроме того, по каждой оси датчик имеет напряжение смещения, значение которого находится в пределах 50 мВ для осей X и Y , и 80 мВ для оси Z .

Первоначально было решено оценить временную нестабильность напряжения смещения датчика, для возможности скомпенсировать напряжение смещения. Для этой цели был проведен следующий эксперимент: датчик был установлен неподвижно, данные записывались на ММС карту на протяжении часа каждые 100 мс. Полученные данные обрабатывались в САПР Mathcad 15. Измерив напряжение смещения, мы вычитали его по каждой из осей. Результат расчета расстояния для одной из осей представлен на рис. 1.

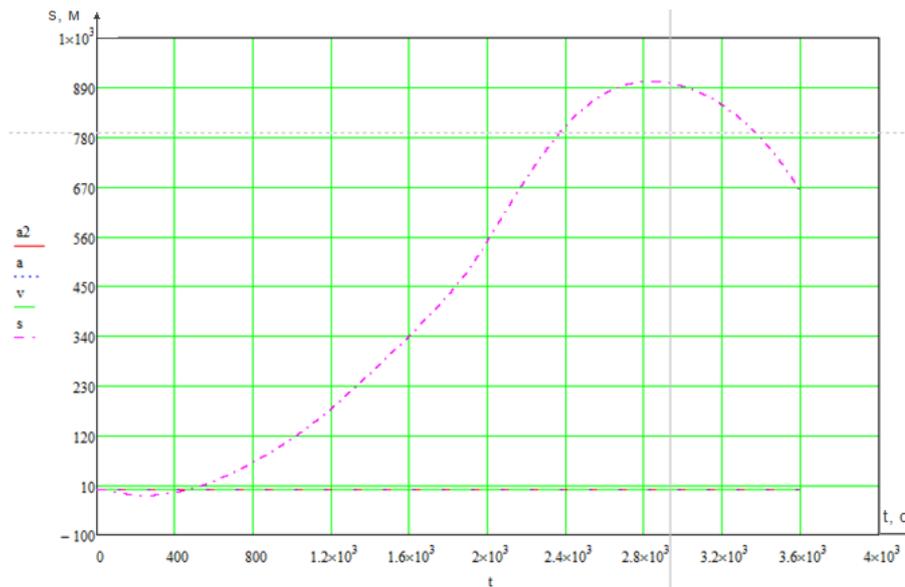


Рис. 1. График, показывающий погрешность измерений неподвижного датчика

Как видно из вышеприведенного графика, погрешность измерения расстояния очень большая (890 м за 1 ч работы). Причиной этого является нестабильность напряжения смещения. Было выдвинуто предположение, что напряжение смещения изменяется в зависимости от температуры. Был проведен эксперимент по измерению ускорения и температуры неподвижного датчика. Результаты эксперимента приведены на рис. 2.

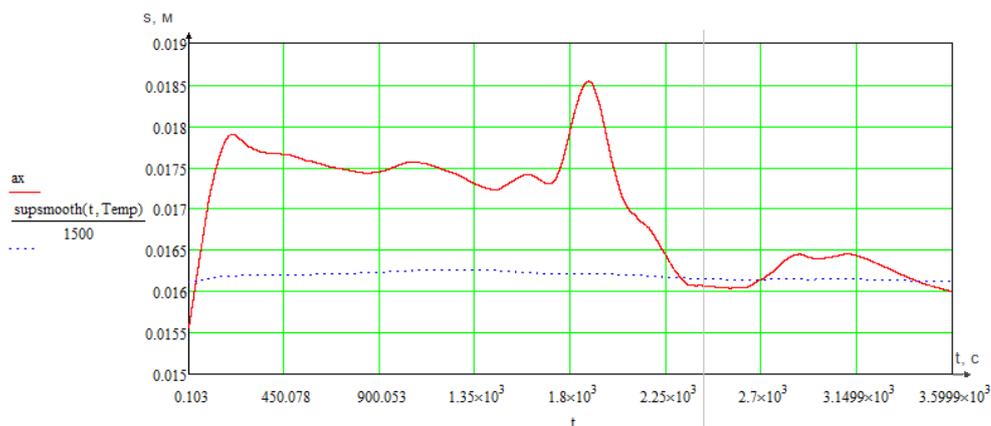


Рис. 2. График, показывающий нестабильность напряжения смещения датчика акселерометра

Как видно из графика (рис. 2), зависимости напряжения смещения от температуры не наблюдается.

Также были проведены исследования датчика при его движении. Эксперимент было решено провести в лифте, так как его скорость невелика, а движение равноускорено. Первые десять секунд датчик находился неподвижно, затем лифт начал двигаться, и датчик зафиксировал ускорение. После того как лифт проехал 12 этажей, он остановился. Результаты эксперимента можете наблюдать на рис. 3.

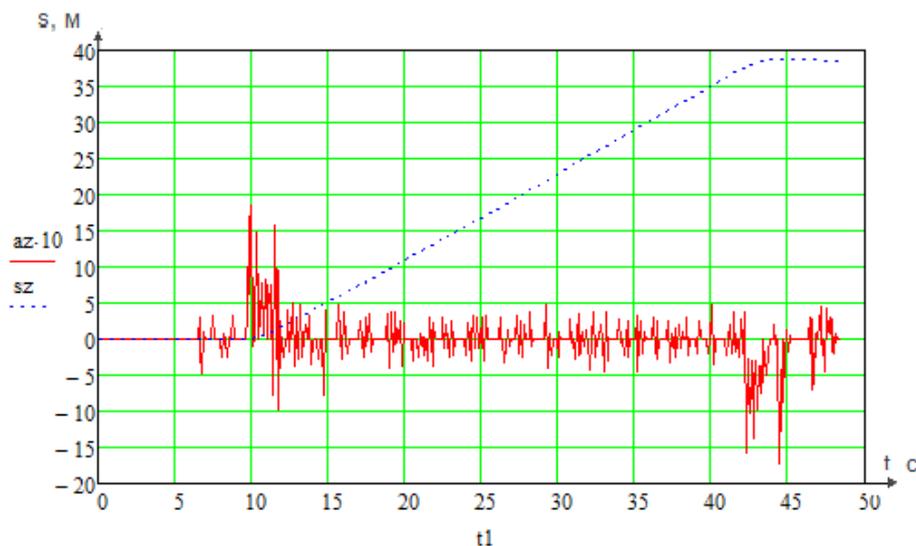


Рис. 3. График пройденного расстояния

На графике видно начало движения (положительное ускорение) лифта и его торможение (отрицательное ускорение). В результате обработки данных получилось, что датчик переместился на расстояние, равное 40 м.

Выводы

Для определения больших расстояний требуется наличие акселерометра с более высокой точностью. Предположенным методом можно измерять небольшие расстояния. Для повышения точности предлагается установить по пути следования контрольно-диагностического снаряда систему маячков, с помощью которых будет осуществляться корректировка измеренного расстояния. В дальнейшем предполагается провести исследования по определению напряжения смещения датчика во время движения, для этого планируется периодически осуществлять поворот датчика на угол, равный 90° .

Литература

1. Schubert, F.M. Calibration and Enhancement of Inertial Measurement Units / cand. el. Frank M. Schubert. — Delft, July 11 2005 — Mode of access: <http://www.kn-s.dlr.de/People/Schubert/papers/Calibration-and-Enhancement-of-Inertial-Measurement-Units-Frank-Schubert.pdf>.
2. Woodman, R. An introduction to inertial navigation / Oliver J. Woodman. — University of Cambridge, 2007. — Mode of access: <http://www.cl.cam.ac.uk/techreports/UCAM-CL-TR-696.pdf>.

АНАЛИЗ РЕАЛЬНОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕТЕЙ И ПРОТОКОЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

М. Г. Марков

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

Научный руководитель В. С. Захаренко

При выполнении проектов автоматизации технологических процессов одной из важных задач является выбор промышленной сети и протокола передачи данных для обеспечения обмена информацией между датчиками, исполнительными устройствами, программируемыми логическими контроллерами и промышленными компьютерами. Одним из важнейших показателей, на основе которых производится выбор, является пропускная способность сети. В технической литературе имеется информация о различных сетях, но отсутствуют показатели реальной пропускной способности с учетом потерь на служебную информацию (заголовки пакетов данных, поля контроля четности и т. д.). Таким образом целью данной работы является сбор, систематизация и сравнительный анализ информации по основным промышленным сетям и протоколам передачи данных. В особенности анализ реальной пропускной способности с учетом потерь на служебную информацию.

CANopen – открытый сетевой протокол верхнего уровня для подключения встраиваемых устройств в бортовых транспортных и промышленных сетях. В качестве сетевого и транспортного уровня используется протокол реального времени CAN.

Применяется шина до 1000 м без использования повторителя. Следует отметить, что длина линий связи и ответвлений влияет на максимальную скорость. Например, при 1000 м можно достичь скорости порядка 10 кбит/с.

Доступны скорости 10, 20, 50, 125, 250, 500, 800 кбит/с, 1 Мбит/с (при длине линии не более 40 м). При этом поддержка узлами скорости 20 кбит/с является обязательной.

Структура фрейма данных показана на рис. 1.

Начало фрейма	Поле арбитража	Поле контроля	Поле данных	Поле CRC	Поле уведомления / конец фрейма
1 бит	от 12 до 30 бит	1	8–64 бита	15 бит	1 бит

Рис. 1. Структура фрейма данных CANopen

Таким образом доля полезной информации может составлять от 21 до 65 %.

Типичные области применения: в основном в системах управления перемещением, в сборочных, сварочных и транспортировочных агрегатах. Используется для однокабельного соединения многовходовых блоков датчиков, интеллектуальных датчиков, пневматических вентилях, считывателей штрих-кодов, приводов и операторских пультов.

DeviceNet – протокол для промышленной сети CAN. Используется для связи датчиков, исполнительных механизмов и программируемых логических контроллеров между собой. Открытый стандарт. Широко применяется на транспорте, в машиностроении и промышленности. Достаточно широко распространен в России. DeviceNet является протоколом верхнего уровня разработан в 1994 г. компанией

Rockwell Automation. Сеть имеет шинную топологию. Допускает «горячее» подключение и отключение модулей. DeviceNet поддерживает скорости 125, 250 и 500 кбит/с. Скорость зависит от длины кабеля и его типа (максимально до 500 м). Типичная длина кабеля – 100 м. Для кабеля длиной 380 м скорость – 125 кбит/с, для 75 м – 500 кбит/с. Структура фрейма данных показана на рис. 2.

Начало фрейма	Идентификатор	RTR Bit	Поле контроля	Поле данных	CRC Sequence	CRC Delimiter	Acknowledge	Ack Delimiter	Конец фрейма	Interframe Space
1 бит	11 бит	1 бит	6 бит	8–64 бит	15 бит	1 бит	1 бит	1 бит	7 бит	2 бита

Рис. 2. Структура фрейма данных DeviceNet

Таким образом доля полезной информации может составлять от 14 до 60 %.

Типичные области применения: служит для объединения в единую систему устройств промышленной автоматики, таких как фотодатчики, термодатчики, считыватели штрихкодов, элементы ЧМИ (человеко-машинного интерфейса), с управляющими устройствами (компьютерами, ПЛК).

EtherCAT – промышленная шина на базе Ethernet, впервые представленная для использования в производстве полупроводниковых приборов в 2004 г. Она стандартизована такими ассоциациями, как SEMI, IEC и ISO. Функциональный принцип протокола устройств EtherCAT существенно отличает эту технологию от других, базирующихся на Ethernet-решениях. В технологии EtherCAT не используется такой режим, в котором пакет Ethernet сначала принимается, затем интерпретируется и формируется ответный пакет от устройства ввода/вывода, содержащий данные технологического процесса. Все данные обрабатываются «на лету». Пакеты «запросы» и «ответы» содержат данные для (от) нескольких подчиненных устройств.

Сети EtherCAT не имеют практических ограничений на топологию – они могут иметь линейную, звездообразную, древовидную, резервированную кольцевую топологию или даже представлять собой комбинацию всего вышеперечисленного и позволяют использовать до 65 535 узлов на сегмент. Если расстояния между двумя узлами спецификации 100BaseTX, равного 100 м, недостаточно, то его можно увеличить до 2 км за счет волоконно-оптических кабелей.

Типичное время цикла EtherCAT составляет 50–250 мкс, в то время как в традиционных промышленных шинах на каждое обновление требуется 5–15 мс, т. е. традиционные промышленные шины работают медленнее от 20 до 300 раз. Структура фрейма данных показана на рис. 3.

MAC Header	Data	CRC Checksum
14 байт	46–1500 байт	4 байт

Рис. 3. Структура фрейма данных EtherCAT

Таким образом доля полезной информации может составлять от 71 до 98 %.

Типичные области применения: производство полупроводников, обработка металлов давлением, упаковка, литье под давлением, сборочные системы, печатные машины, робототехника.

EtherNet/IP – это один из трех открытых сетевых стандартов (DeviceNet™, ControlNet™ и Ethernet/IP™), которые используют общий прикладной уровень – «Common Industrial Protocol» (CIP™). Этот общий прикладной уровень и открытые программные и аппаратные интерфейсы обеспечивают универсальное соединение компонент автоматизации от уровня полевой шины, через уровень управления до уровня предприятия. Важнейшей особенностью сети EtherNet/IP является использование стандартного немодифицированного протокола Ethernet (IEEE 802.3), в котором протокол CIP накладывается на стандартные протоколы TCP/IP и UDP, являясь дополнением к типичным функциям протоколов HTTP, FTP, SMTP и SNMP.

EtherNet/IP поддерживает скорости передачи данных 10 Мбит/с и 100 Мбит/с. Обычно строится топология «звезда» используя подходящие (управляемые) коммутаторы. Число устройств подключенных к сети EtherNet/IP, зависит только от пространства доступных IP адресов. Структура фрейма данных такая же, как у EtherCAT.

Таким образом доля полезной информации может составлять от 71 до 98 %.

Типичные области применения: автоматизация зданий, цехов и в областях, не требующих высокой надежности.

Modbus – открытый коммуникационный протокол, основанный на архитектуре «клиент-сервер». Широко применяется в промышленности для организации связи между электронными устройствами. Может использоваться для передачи данных через последовательные линии связи RS-485, RS-422, RS-232, а также сети TCP/IP (Modbus TCP).

Протокол Modbus имеет два режима передачи: RTU (Remote Terminal Unit – «удаленное терминальное устройство») и ASCII. Стандарт предусматривает, что режим RTU в протоколе Modbus должен присутствовать обязательно, а режим ASCII является опциональным. Пользователь может выбирать любой из них, но все модули, включенные в сеть Modbus, должны иметь один и тот же режим передачи. Структура фрейма данных показана на рис. 4.

Адрес	Код функции	Данные	Контрольная сумма
1 байт	1 байт	8–2 байт	2 байт

Рис. 4. Структура фрейма данных Modbus

Таким образом доля полезной информации может составлять от 67 до 98,5 %.

Типичные области применения: стал стандартом де-факто в промышленности и широко применяется для организации связи промышленного электронного оборудования. Протокол Modbus разработан для использования в программируемых логических контроллерах, таких, как управление несложными типами электроприводов.

Profibus (Process Field Bus) – открытая промышленная сеть, прототип которой был разработан компанией Siemens AG для своих промышленных контроллеров Simatic. На основе этого прототипа Организация пользователей Profibus разработала международные стандарты, принятые затем некоторыми национальными комитетами по стандартизации. Очень широко распространена в Европе, особенно в машиностроении и управлении промышленным оборудованием. Сеть Profibus – это комплексное понятие, она основывается на нескольких стандартах и протоколах. Сеть отвечает требованиям международных стандартов IEC 61158 и EN 50170. Поддержкой, стандартизацией и развитием сетей стандарта Profibus занимается Profibus Network Organization (PNO). Структура фрейма данных показана на рис. 5.

SD	LE	LEr	SD	DA	SA	FC	DSAP	SSAP	DU	FCS	ED
9 байт									2–244 байта	2 байта	

Рис. 5. Структура фрейма данных Profibus

Таким образом доля полезной информации может составлять от 42 до 96 %.

Типичные области применения: сеть общего назначения для автоматизации широкого круга отраслей промышленного производства. Особенность – несколько ведущих устройств.

PROFINet (Profibus + Ethernet) – является одним из современных стандартов (IEC 61158 и IEC 61784), который обеспечивает простую интеграцию устройств Profibus, ASI и Interbus с промышленным Ethernet. Протокол ProfiNet разработан Profibus International на базе Ethernet как совместимый с протоколом Profibus, поддерживаемым компанией Siemens. PROFINet реализует концепцию открытой компонентной архитектуры для построения распределенных автоматизированных систем, от уровня устройств ввода/вывода до уровня руководства предприятия, обеспечивающая тесную интеграцию в единую информационную структуру подсистем на базе других промышленных шин (fieldbus). Технология PROFINet обеспечивает также открытую платформу для систем управления производством (MES). Структура фрейма данных показана на рис. 6.

Преамбула	Флаг начала	Адрес получателя	Адрес отправителя	Тип	Данные	CRC
7 байт	1 байт	6 байт	6 байт	2 байта	46–1500 байт	4 байта

Рис. 6. Структура фрейма данных ProfiNet

Таким образом доля полезной информации может составлять от 63 до 98 %.

Типичные области применения: сеть общего назначения для распределенных систем автоматизации широкого круга отраслей промышленного производства. Системы PROFINet интегрируют промышленные сети PROFIBUS, обеспечивая, таким образом, защиту инвестиций в существующие системы. Кроме того, в них могут интегрироваться сети на базе других промышленных шин (fieldbus).

Секция V
ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА
И ПРОМЫШЛЕННАЯ ПОЛИТИКА

РАЗВИТИЕ ВНЕШНЕТОРГОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
И СНИЖЕНИЕ ИМПОРТОЕМКОСТИ ОТРАСЛИ

Д. С. Попов

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

Научный руководитель Н. П. Драгун

В условиях динамичного развития белорусской экономики, протекающего на фоне глобальных интеграционных процессов, в которых отечественные предприятия вынуждены уже сегодня вести конкурентную борьбу на рынке не только между собой, но и с производителями из стран ближнего и дальнего зарубежья, неизбежной составляющей деятельности экономических субъектов хозяйствования, в том числе отечественных предприятий легкой промышленности, становится ведение активной внешнеторговой и инновационной деятельности. Продукция легкой промышленности и сырье для ее производства в 2012 г. занимали 3,7 % в общем объеме экспорта Республики Беларусь, причем удельный вес данной товарной группы занимал 8,0 % в объеме экспорта в Российскую Федерацию, 2,2 % – в экспорте в остальные страны СНГ и 1,6 % – в экспорте в страны вне СНГ.

**Динамика экспорта основных товарных позиций продукции
легкой промышленности Республики Беларусь, млн дол. США**

Продукция	Годы					2012 г. в % к 2008 г.
	2008	2009	2010	2011	2012	
Ковры и напольные покрытия	20,2	19,0	20,4	23,9	22,0	108,9
Трикотажные полотна	21,4	24,9	27,6	29,5	19,5	91,1
Трикотажные изделия	102,7	119,8	132,2	169,8	147,6	143,7
Швейные изделия	254,3	262,4	302,0	319,8	234,8	92,3
Прочие готовые текст. изделия	22,4	24,1	28,7	39,2	35,7	159,4
Обувь	81,3	97,0	113,7	131,1	110,8	136,3

В условиях усиливающейся конкуренции со стороны стран Юго-Восточной Азии белорусские предприятия легкой промышленности пытаются сохранить существующие рынки сбыта и выйти на новые. Сегодня уже можно точно сказать, что центр мирового текстильного производства окончательно переместился в восточные страны – Пакистан, Индию, Турцию, Китай, т. е. в страны с наиболее низкими затратами на рабочую силу. Эти процессы являются результатом глобальной тенденции реструктуризации легкой промышленности, которая заключается в том, что основные страны-потребители продукции легкой промышленности выводят свои трудоемкие производства в развивающиеся страны с целью сокращения производствен-

ных издержек. В результате международные компании легкой промышленности, являющиеся обладателями торговых марок и брендов, только усиливают свои позиции на емких рынках развитых стран, увеличивают свою добавленную стоимость путем инвестирования освободившихся ресурсов в рекламу, развитие системы сбыта собственных розничных систем, активную политику изменения модельного ряда. Удерживать традиционные рынки сбыта можно только путем снижения издержек производства и, как следствие, себестоимости продукции при высоком уровне качества за счет технического перевооружения предприятий и применения новых технологий. Особенностью белорусского экспорта продукции в страны ЕС является тот факт, что готовая швейная продукция собственного производства отгружается на рынки в незначительных объемах по сравнению с экспортом давальческих изделий. В перспективе планируется снижение поставок давальческих товаров и наращивание экспорта продукции собственного производства. Важную роль в развитии экспорта продукции легкой промышленности играет зарубежная товаропроводящая сеть (ТПС). Зарубежная товаропроводящая сеть наиболее развита в Российской Федерации. Это связано с традиционной близостью двух государств (единое таможенное пространство), с большой емкостью российского рынка, а также с тем, что белорусские предприятия имеют многолетние устойчивые деловые связи с российскими партнерами.

В настоящее время необходимость закупок по импорту сырья, материалов, комплектующих обусловлена отсутствием их производства в Республике Беларусь, либо их производством в недостаточных для обеспечения производственной программы объемах, а также несоответствием их качества уровню мировых аналогов. Основными видами технологического сырья, используемого текстильными предприятиями республики, являются волокно хлопковое и шерсть натуральная, которые в республике не производятся. В настоящее время значительно увеличилась стоимость натуральных волокон – хлопка и шерсти, закупаемых по импорту. Стоимость хлопкового волокна за 2012 г. увеличилась более чем в 3 раза, стоимость шерстяного волокна – на 32 процентных пункта. С целью уменьшения стоимости сырьевых ресурсов предприятиями отрасли должна рассматриваться возможность замены импортного сырья (хлопок, шерсть), которое в республике отсутствует, на местные виды (химические волокна и нити, лен), а также пересмотр ассортиментной политики и согласование ее с покупателями в части снижения импортного сырья. Основными поставщиками химического сырья для предприятий концерна «Беллепром» являются организации концерна «Белнефтехим». Ежегодная потребность предприятий легкой промышленности в химических волокнах и нитях составляет порядка 40 % от объема сырья, необходимого для производства продукции. При этом потребность в некоторых видах химического сырья составляет до 80 % от общего объема технологического сырья. Учитывая длительные партнерские отношения, в перспективе необходимо проведение совместной работы по улучшению качества поставляемых волокон и нитей с учетом требований потребителей, по расширению ассортимента поставляемой продукции, выпуску новых видов продукции с учетом реализации на предприятиях концерна «Белнефтехим» инвестиционных проектов. Одним из таких проектов является организация производства вискозного штапельного волокна на РУП СПО «Химволокно». Штапельное вискозное волокно будет использоваться для производства вискозных и вискозосодержащих пряж для выпуска тканей различного сырьевого состава и назначения (подкладочные, декоративные, оформления интерьера, одежные). В настоящее время такие пряжи востребованы текстильными и трикотажными предприятиями на внутреннем рынке и закупаются по импорту. В республике имеется возможность для их производства. Вискозное штапельное волокно закупается по

импорту. При организации производства штапельного вискозного волокна на РУП СПО «Химволокно», а также в результате реализации инвестиционных проектов на предприятиях концерна «Беллегпром» предусматривается использование отечественного вискозного штапельного волокна в максимальных объемах. Снижению зависимости текстильных предприятий от импортных волокон хлопка и шерсти станет также переход на использование местных сырьевых ресурсов, а именно, котонизированного льняного волокна. Организация производства смесовых пряж с вложением от 20 до 70 % котольна позволит частично заместить волокна хлопка и шерсти. В целях успешной реализации стратегии предприятиями концерна рекомендуется предусмотреть увеличение переработки короткого льноволокна методом котонизации и позволяющее производить волокно льняное котонизированное; пряжи из котонизированного льноволокна как чистольняные, так и смесовые с хлопком и вискозой; ткани с применением вышеуказанных пряж: декоративные, мебельные, костюмные, ткани технические суровые, рушники декоративные, полотенца штучные, ткани полотенежные, ткани скатертные, ткани для постельного белья. Котонизированное льноволокно максимально приближено по строению к хлопковому волокну и обеспечивает возможность переработки короткого льноволокна в смеси с хлопком, шерстью и химическими волокнами. С вводом в конце 2009 г. новой технологической линии по переработке короткого волокна на фабрике № 1 РУПТП «Оршанский льнокомбинат» значительно расширились возможности использования короткого волокна при изготовлении льняных и льносодержащих пряж. Это позволяет наладить в республике выпуск льносодержащих тканей и трикотажных полотен с высокими потребительскими качествами. В данном случае достигнуто оптимальное сочетание ценовых и качественных параметров: улучшение качества, расширение и обновление ассортимента льняных и льносодержащих тканей с одновременным снижением себестоимости (в том числе за счет удешевления сырьевого состава).

В состав кожевенно-обувной отрасли концерна «Беллегпром» входит пять промышленных предприятий, которые производят хромовые, жесткие и юфтевые кожаные изделия, используемые в производстве обуви кожаной и специального назначения, галантерейных изделий и прочей продукции. Основным технологическим сырьем для производства натуральных кож являются шкуры крупного рогатого скота и свиные, поставщиками которых в республике являются мясоперерабатывающие предприятия Минсельхозпрода и заготовительные организации потребительской кооперации Белкоопсоюза, а также прочие предприятия, занимающиеся убоем и переработкой скота. В целях обеспечения кожевенных предприятий сырьем отечественных заготовок концерном «Беллегпром» с Минсельхозпродом и Белкоопсоюзом ежегодно заключается Соглашение об организации поставок кожевенного сырья предприятиям концерна с графиком закупок.

В соответствии с программой развития легкой промышленности Республики Беларусь на 2011–2015 гг. с перспективой до 2020 г. объемы закупок кожсырья организациями концерна в 2012 г. составили 1659,2 тыс. шт., в том числе отечественного – 1379,2 тыс. шт.: крупного – 851 тыс. шт., мелкого – 123,6 тыс. шт., свиного – 404,6 тыс. шт. В 2015 г. планируется закупить у субъектов хозяйствования республики 1550,4 тыс. шт. кожевенного сырья, в том числе отечественного – 1223,5 тыс. шт.: крупного – 816,2 тыс. шт., мелкого – 96,5 тыс. шт., свиного – 310,8 тыс. шт. В перспективе в 2015 г. организациями кожевенной отрасли будет произведено 434,2 млн дм² готовых кожевенных товаров. Важнейшим направлением применения натуральных кож, изготавливаемых отечественными организациями, является их использование в обувной и кожгалантерейной промышленности. Перспективным направлением явля-

ется также использование отечественного кожтовара в мебельной промышленности, а также с внедрением новых и высоких технологий позволит обеспечить конкурентоспособным сырьем смежные предприятия легкой промышленности.

Таким образом, инновационное социально ориентированное развитие легкой промышленности предполагает формирование новой элиты в бизнесе, государственную поддержку отрасли через субсидирование процентных ставок по кредитам на закупку сырья и материалов, техническое перевооружение и стимулирование экспорта, повышение инвестиционной, бюджетной и экспортной привлекательности отрасли, ее роли в экономике страны и имиджа на мировом рынке разделения труда. По данному сценарию предусматриваются коренные изменения в структуре производства, приоритетного развития эффективных предприятий, ориентированных на выпуск продукции высоких переделов, импортозамещающей и экспортной продукции с высокой долей добавленной стоимости, а импортоемкость промышленного производства легкой промышленности, рассчитанная как отношение стоимости импортного сырья, материалов, комплектующих к затратам на производство продукции за год, за 2010 г. составила 28,8 %, в 2015 г. составит 25,5 %, а к 2020 г. снизится до 23,9 процентных пунктов.

ВНУТРЕННИЙ АУДИТ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Н. В. Евсеенко

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

Научный руководитель Н. П. Драгун

Система менеджмента качества основных предприятий Республики Беларусь сертифицирована в национальной системе Республики Беларусь на соответствие требованиям СТБ ISO 9001–2009 [1].

Требования данной системы качества предполагают систематическое проведение и реализацию программы внутреннего аудита.

Реализация программы внутреннего аудита позволяет руководству оценить функционирование системы менеджмента качества на предприятии. На ОАО «Гомсельмаш» программы внутреннего аудита разрабатываются по РУП «Гомсельмаш» и на филиале ГЗСК, утверждаются представителями руководства, ответственными за систему менеджмента качества (СМК).

Программа внутренних аудитов разрабатывается ежегодно с учетом проверок выполнения мероприятий по устранению несоответствий, выявленных при инспекционном аудите за сертифицированной СМК ОАО «Гомсельмаш» на соответствие требованиям СТБ ISO 9001–2009 [1].

Основные результаты проведенных внутренних аудитов по головному предприятию ОАО «Гомсельмаш» за 2013 г. представлены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование показателя	2013 г.
Проведено всего внутренних аудитов	23
Проведено плановых внутренних аудитов	23
Выявлено несоответствий документации	223
Выявлено аспектов по улучшению	24

Основные несоответствия, выявленные при внутренних проверках:

- необходимость актуализации документированных процедур;
- несоблюдение требований стандартов;
- ведение записей не соответствует требованиям стандартов.

Корректирующие действия по результатам внутренних проверок отражаются в протоколах несоответствий срочным проведением мероприятий в ходе проверки или мероприятиями структурных подразделений [3].

Акты по результатам внутреннего аудита представляются в проверяемые структурные подразделения. Генеральному директору представляется информация о несоответствиях, выявленных при проведении внутренних аудитов.

На ОАО «Гомсельмаш» несоответствия, выявленные по критериям СТБ ISO 9001–2009, представлены на рис. 1.

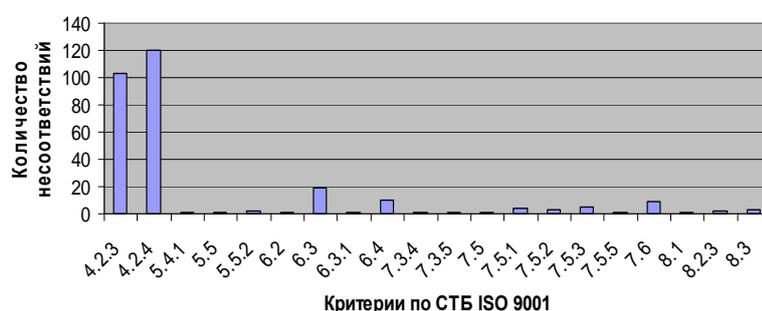


Рис. 1. График количества несоответствий по критериям СТБ ISO 9001–2009 за 2013 г.

Мероприятия, разработанные по результатам проведенных внутренних аудитов, результативны, что позволило обеспечить необходимую адекватность системы менеджмента качества и результативность в будущем.

Основные результаты проведенных внутренних аудитов ОАО «Бобруйский завод тракторных изделий и агрегатов» за 2013 г. представлены в табл. 2.

Таблица 2

Наименование показателя	2013 г.
Проведено всего внутренних аудитов	17
Проведено плановых внутренних аудитов	17
Выявлено несоответствий документации	21
Выявлено аспектов по улучшению	3

Анализ проведенных внутренних аудитов ОАО «Бобруйский завод тракторных изделий и агрегатов» за период 2011–2013 гг. выявил значительное снижение проведенных аудитов и существенное снижение выявляемых несоответствий (табл. 3).

Таблица 3

Наименование показателя	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Проведено всего внутренних аудитов	28	19	17
Проведено плановых внутренних аудитов	28	19	17
Выявлено несоответствий документации	92	36	21
Выявлено аспектов по улучшению	15	10	3

К основным причинам по снижению качества и количества проводимых внутренних аудитов можно отнести высокую загруженность внутренних аудиторов по основной деятельности, значительное уменьшение численности аудиторов за анализируемый период, отсутствие мотивации труда аудиторов.

Данная тенденция может стать предпосылкой для снижения результативности системы менеджмента качества.

С целью расширения рынков сбыта и подтверждения системы менеджмента качества в странах Европейского Союза на предприятиях начаты работы по совершенствованию системы менеджмента качества и внедрению СТБ ISO 16949 [1], [2]. Ход выполнения этих работ рассматривается на совещаниях у высшего руководства.

Литература

1. Стандарт предприятия СТБ ИСО/ТУ 16949–2006. Системы менеджмента качества. Частные требования по применению СТБ ИСО 9001–2001 для автопроизводителей и их поставщиков.
2. Об утверждении Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2011–2015 годы : Указ Президента Респ. Беларусь от 11 апр. 2011 г. № 136. – Режим доступа: www.economy.gov.by.
3. Стандарт предприятия СТБ 1616–2011. Показатели надежности. Техника сельскохозяйственная.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ТРАКТОВКЕ СУЩНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ОРГАНИЗАЦИЙ

Ю. А. Волкова

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

Научный руководитель В. И. Тарасов

В условиях неопределенности переходной экономики, неустойчивости ее развития и усиления конкуренции на внутреннем и внешнем рынках особое значение приобретает проблема поиска оптимальных форм взаимодействия и координации деятельности хозяйствующих субъектов, одной из которых является вертикальная интеграция. Этим обусловлена актуальность данного исследования.

Анализ литературных источников позволил установить, что изучению вопроса вертикальных взаимодействий организаций посвящено множество работ, по своей проблематике относящихся к различным экономическим теориям: теории контрактов, теории фирмы, теории трансакционных издержек, теории прав собственности и др. Установлено также, что множество направлений исследования феномена вертикальных взаимодействий в современной экономической литературе принято объединять в два основных подхода: неоклассический и неинституциональный.

В рамках неоклассического подхода, основными представителями которого являются Дж. Шпенглер, Г. Марвел, Дж. Викерс, Дж. Бонанно, С. Маккаферти, Р. Денекер, Дж. Стиглиц, О. Харт, Ж. Тироль и др., вертикальная интеграция рассматривается как инструмент устранения несовершенства рыночной конкуренции (следствием которого является наличие рыночной власти продавцов), позволяющий существенно влиять на эффективность рынка, критерием которой выступает величина общественного благосостояния. В рамках неоклассической теории выделяют две линии развития исследований.

Первая группа работ анализирует положительные результаты использования различных инструментов вертикальной интеграции. В качестве инструментов выступают вертикальные ограничения (*vertical restrictions*), под которыми, в свою оче-

редь, понимаются ограничения, которые организация, действующая на одной стадии цепи сделок (как правило, это – продавец), налагает на поведение другой фирмы, действующей на другой стадии (как правило, это – клиенты продавца) [14, с. 105].

В качестве вертикальных ограничений, в свою очередь, выступают:

– контроль за уровнем розничных цен – *resale price maintenance* (вертикальные ограничения, включающие предписание уровня цены, по которой клиент может перепродать купленный товар);

– территориальные ограничения (*territorial restrictions*) – ограничения географической области, где покупатель может перепродать то, что он приобрел);

– ограничения покупки (*exclusive dealing*) – методы, вынуждающие покупателя иметь дело только с продуктами продавца;

– взаимосвязанные продажи (*tying, or bundling*) – способы продажи одного товара только при условии покупки другого товара или услуги.

Перечисленные выше вертикальные ограничения, часто называемые также контрактными ограничениями, объединяет способность одной организации определять важнейшие решения другой, формально от нее независимой.

В рамках данной линии исследования выделяют следующие виды положительного влияния вертикальных ограничений на общественное благосостояние:

– нейтрализация отрицательных внешних эффектов [12];

– стимулы дистрибьюторов к поддержанию высокого уровня качества [7], [8];

– мотивы политики запасов [3].

Существенным недостатком данного подхода является то, что его представители в своих работах отрицают наличие отрицательного влияния вертикальных ограничений на общественное благосостояние.

Вторая группа работ критикует концепцию вертикальной интеграции как инструмента повышения общественного благосостояния и прибыли продавцов. В частности, выделяются следующие аспекты негативного влияния вертикальной интеграции на эффективность рынка:

1. Вертикальная интеграция нейтрализует отрицательный эффект двойной надбавки только в случае монополии на обоих рынках. В случае роста числа участников рынка и ценовой конкуренции, по Бертрану, на рынке конечной продукции вертикальная интеграция снижает прибыль производителя до нуля [2], [13].

2. Изменение структуры стимулов в результате вертикальной интеграции и возникающие, как следствие, потери в связи с риском недобросовестности (*moral hazard*) менеджера-дистрибьютора [2], [13].

3. Исключительные территории на рынке несовершенной конкуренции при несовершенной взаимозаменяемости товаров рассматриваются как инструменты снижения конкуренции дистрибьюторов на рынке одного продукта и конкуренции между товарами разных фирм [10].

4. Снижение конкуренции путем создания барьеров входа на рынок для фактических или потенциальных конкурентов на последующей стадии технологической цепочки (*downstream foreclosure*) [1].

5. Снижение конкуренции путем создания барьеров входа на рынок для фактических или потенциальных конкурентов на предшествующей стадии технологической цепочки (*upstream foreclosure*) [9], [11].

6. Снижение конкуренции путем создания барьеров входа на рынок для фактических или потенциальных конкурентов на обеих стадиях технологической цепочки [4].

Недостатком данного подхода, в противоположность предыдущему, является отрицание представителями данного подхода положительных эффектов вертикаль-

ной интеграции. Касательно неоклассического подхода в целом проведенный анализ позволил установить, что наиболее существенным недостатком подхода является отождествление понятий вертикальные ограничения и вертикальная интеграция, которые, по сути, являются различными формами координации субъектов хозяйствования на рынке. Также к недостаткам неоклассического подхода следует отнести то, что представителями данного подхода рассматриваются исключительно модели, описывающие взаимодействие производителя и дистрибьютора. В то же время неисследованными остаются взаимодействия других возможных участников последовательной цепи сделок, например, поставщика и производителя.

Неоинституциональный подход к исследованию вертикальной интеграции акцентирует внимание на анализе устройства и сравнительной эффективности внутрифирменных и рыночных контрактов. Основные идеи, послужившие базисом для развития данного подхода, были предложены Р. Коузом и развиты О. Уильямсоном. Они объясняют механизм замены ценового механизма координации системой трансфертных цен внутри интегрированной организации. Сам анализ контрактных отношений, в свою очередь, лежит на стыке теорий общественного выбора, прав собственности, агентских отношений и трансакционных издержек. Основными представителями данного подхода являются Б. Клейн, К. Эрроу, А. Алчиан, М. Дженсен, У. Меклинг.

Как правило, представители данного подхода рассматривали вертикальную интеграцию как инструмент устранения неполноты контрактов в условиях специфичности активов и/или несовершенства информации. Причем некоторые представители данной теории снимали различия между вертикальной интеграцией и вертикальными ограничениями, рассматривая организацию как сеть контрактов, другие, напротив, считали, что в условиях специфичности активов вертикальные ограничения не могут заменить вертикальную интеграцию в силу высокого риска постконтрактного оппортунистического поведения, стимулы к которому тем выше, чем выше величина затрат на обеспечение контракта и/или поиск альтернативного контрагента и короче ожидаемый период взаимодействия. Примечательно, что представители данного подхода, анализируя преимущества и недостатки различных форм координации, приходят к прямо противоположным выводам. Так, в частности, Б. Клейн, Р. Кроуфорд, А. Алчиан пришли к выводу о преимуществах вертикальной интеграции в сравнении с вертикальными ограничениями [6]. К прямо противоположным результатам привели исследования М. Дженсена и У. Меклинга, основным объектом анализа которых являлись отношения «поручитель–исполнитель» (*principal agent problem*) внутри организации. В итоге авторы пришли к выводу, что дополнительных затрат требует организация не только внешних (межфирменных), но и внутренних контрактов, что и ограничивает рост организации [5].

Таким образом, к основным недостаткам неоинституционального подхода относятся:

- отсутствие единого мнения относительно преимущественной формы координации взаимодействий между организациями, находящимися на различных стадиях единой цепочки создания ценности товара;
- отсутствие механизма выбора конкретной формы координации;
- отсутствие критериев данного выбора, т. е. не определены те условия, при которых наиболее предпочтительной является та или иная форма координации.

Литература

1. Agion, P. Contracts as a Barrier to Entry / P. Agion, P. Bolton // American Economic Review. – 1987. – Vol. 77. – P. 388–401.

2. Bonnano, G. Vertical Separation / G. Bonnano, J. Vickers // Journal of Industrial Economics. – 1988. – Vol. 36. – P. 257–265.
3. Deneckere, R. Demand Uncertainty, Inventories and Resale Price Maintenance / R. Deneckere, H. P. Marvel, J. Peck // Quarterly Journal of Economics. – 1996. – Vol. 61, № 3. – P. 885–913.
4. Hart, O. Vertical Integration and Market Foreclosure / O. Hart, J. Tirole, D. W. Carlton, O. E. Williamson // Brooking Papers of Economic Activity : Microeconomics. – 1990. – P. 205–286.
5. Jensen, M. Theory of the Firm: Managerial Behavior, Agency Costs and Ownership Structure / M. Jensen, W. Meckling // Journal of Financial Economics. – 1976. – Vol. 3. – P. 305–360.
6. Klein, B. Vertical Integration Appropriable Rents and the Competitive Contracting Process / B. Klein, R. Crawford, A. Alchian // Journal of Law and Economics. – 1976. – Vol. 21. – P. 297–326.
7. Marvel, H. P. The Welfare Effects of RPM / H. P. Marvel, S. McCafferty // Journal of Law and Economics. – 1985. – Vol. 33. – P. 363–379.
8. Marvel, H. P. The Political Economy of RPM / H. P. Marvel, S. McCafferty // Journal of Political Economy. – 1986. – Vol. 94. – P. 1074–1095.
9. Ordovery, J. Equilibrium Vertical Foreclosure / J. Ordovery, G. Saloner, S. Salop // American Economic Review. – 1990. – Vol. 80. – P. 127–142.
10. Rey, P. The Role of Exclusive Territories in Producers' Competition / P. Rey, J. Stiglitz // Rand Journal of Economics. – 1995. – Vol. 26. – P. 431–451.
11. Salinger, M. Vertical Mergers and Market Foreclosure / M. Salinger // Quarterly Journal of Economics. – 1988. – Vol. 77. – P. 345–356.
12. Spengler, J. Vertical Integration and Anti-Trust Policy / J. Spengler // Journal of Political Economy. – 1950. – Vol. 58. – P. 347–352.
13. Vickers, J. Delegation and the Theory of the Firm / J. Vickers // Economic Journal, Supplement. – 1985. – Vol. 95. – P. 138–147.
14. Челнокова, О. Ю. Интеграция хозяйствующих субъектов в российской экономике : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.01 / О. Ю. Челнокова. – Саратов, 2004. – 186 л.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИВЛЕЧЕНИЯ ПРЯМЫХ ИНОСТРАННЫХ ИНВЕСТИЦИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ СОГЛАСНО МИРОВЫМ ИНВЕСТИЦИОННЫМ РЕЙТИНГАМ

Е. С. Степаненко

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

Научный руководитель Н. П. Драгун

Для оценки инвестиционного климата часто используется косвенный анализ через оценку позиций стран в ведущих международных экономических рейтингах. В настоящее время существует большое количество таких рейтингов, которые составляются на регулярной основе различными международными организациями. Рассмотрим данные о положении Беларуси и стран-партнеров по ЕЭП в различных международных рейтингах, что позволит оценить уровень инвестиционной привлекательности государств интеграционной группировки (таблица).

Сравнительная характеристика положения стран-членов ЕЭП в ведущих мировых инвестиционных рейтингах

Рейтинг	Количество стран	Позиция/место в рейтинге		
		Беларусь	Россия	Казахстан
Рейтинг Всемирного банка «Ведение бизнеса» ¹	185	58	112	49
Рейтинг Всемирного банка «Инвестиции без границ 2010»	87	35	24	39

Окончание табл.

Рейтинг	Количество стран	Позиция/место в рейтинге		
		Беларусь	Россия	Казахстан
Индексный рейтинг инвестиционной привлекательности Национального Рейтингового Агентства ²	191	139	116	83
Рейтинг экономической свободы исследовательского центра The Heritage Foundation и издания The Wall Street Journal ¹	185	154	139	68
Рейтинг операционного риска исследовательского центра Economist Intelligence Unit ¹	180	164–166	110–115	143–174
Рейтинг стран по рискам, важным при проведении международного бизнеса компании The PRS Group ²	140	108–110	51	54–58
Рейтинг страновых рисков журнала Euromoney ²	188	99	57	74
Классификация страновых рисков ОЭСР (по состоянию на 26.10.2012 г.)	166	116–166 (7-я кат. риска)	46–64 (3-я кат. риска)	73–78 (5-я кат. риска)
Рейтинг кредитоспособности стран журнала Institutional Investor ³	179	132	41	59
Кредитный рейтинг агентства Standard & Poor's (в иностранной валюте) ¹	128	120–125 (оценка В)	51–61 (оценка BBB)	47–50 (оценка BBB+)
Кредитный рейтинг агентства Moody's Investor Service (в иностранной валюте) ¹	118	108–115 (оценка В3)	43–52 (оценка Baa1)	53–54 (оценка Baa2)
Рейтинг фактического привлечения прямых иностранных инвестиций ЮНКТАД ²	182	38	19	7
Рейтинг потенциального привлечения прямых иностранных инвестиций ЮНКТАД ²	177	27	6	33
Рейтинг восприятия коррупции компании Transparency International ³	176	123–127	133–138	133–138
Статусный индекс трансформации Фонда Бертельсмана ³	128	101	60	79

Примечания:

1. По состоянию: ¹на 2013 г., ²на 2011 г., ³на 2012 г.
2. Разработано автором на основе [1].

Как видно из таблицы, Беларусь в большинстве из представленных инвестиционных рейтингов (в 11 из 15) находится на более низких позициях, чем Казахстан и Россия. Низкие позиции Беларуси отмечаются в рейтингах, отражающих страновые риски (рейтинг операционного риска исследовательского центра Economist Intelligence Unit, рейтинг стран по рискам, важным при ведении международного бизнеса, компании The PRS Group, рей-

тинг страновых рисков журнала Euromoney и классификация страновых рисков ОЭСР). Более высокие позиции по сравнению с Россией или Казахстаном Беларусь имеет в таких рейтингах, как рейтинг Всемирного банка «Ведение бизнеса» и «Инвестиции без границ», рейтинг потенциального притока прямых иностранных инвестиций ЮНКТАД и рейтинг восприятия коррупции компании Transparency International.

Беларусь должна сконцентрировать усилия на достижении уровня конкурентоспособности в привлечении прямых иностранных инвестиций (ПИИ) как минимум не ниже, чем у стран-партнеров по ЕЭП. Для достижения позиции страны-лидера среди партнеров по ЕЭП необходимо повышение места Беларуси в рейтинге Всемирного банка «Ведение бизнеса» до 49-го, в рейтинге экономической свободы исследовательского центра The Heritage Foundation и издания The Wall Street Journal – со 154 до 68-го места. Задача повышения позиций в данных рейтингах поставлена в Программе деятельности Правительства Республики Беларусь на 2011–2015 гг., предусматривающей вхождение нашей страны в число 30 стран мира с наиболее благоприятными условиями ведения бизнеса (по версии рейтинга Всемирного банка «Ведение бизнеса»), а также достижение не ниже 70-го места в рейтинге экономической свободы. Также необходимо повышение места Беларуси в рейтинге инвестиционной привлекательности Национального Рейтингового Агентства со 139 до 83-го места, в рейтинге кредитоспособности стран, по версии журнала Institutional Investor, – со 132 до 41-го места, в рейтинге страновых рисков журнала Euromoney – с 99 до 57-й позиции.

Целесообразно проработать вопрос о вхождении Беларуси в другие ведущие мировые экономические рейтинги, в которые уже входят партнеры по ЕЭП (рейтинг глобальной конкурентоспособности Всемирного экономического форума, рейтинг мировой конкурентоспособности Международного института развития менеджмента, рейтинг экономической свободы Института Фрейзера, рейтинг привлекательности стран для венчурных и прямых инвестиционных фондов компании Ernst & Young, рейтинг уверенности прямых иностранных инвесторов компании A. T. Kearney, рейтинг ограничительности регулирования прямых иностранных инвестиций ОЭСР).

По результатам анализа текущих позиций Беларуси в ведущих мировых инвестиционных рейтингах были выявлены наиболее проблемные сферы, за счет которых Беларусь во многом проигрывает другим странам. Среди них можно выделить следующие: защита прав собственности и инвестиций, доступ к земельным ресурсам, налогообложение, условия осуществления международной торговли и доступ к финансовым ресурсам.

Также существуют следующие факторы, снижающие конкурентоспособность и инвестиционную привлекательность страны:

- 1) низкая активность процессов разгосударствления и приватизации – основы для роста инвестиций и использования предпринимательской энергии;
- 2) административные барьеры на пути развития предпринимательства и высокий уровень административного вмешательства органов государственного управления в деятельность предприятий;
- 3) недостаточно благоприятный инвестиционный климат, создающий риски как для отечественных, так и зарубежных инвесторов;
- 4) значительное налоговое давление на производителей, что негативно воздействует на расширенное воспроизводство;
- 5) невысокая макроэкономическая и финансовая стабильность, сопровождаемая достаточно значительным уровнем инфляции;
- 6) неразвитость финансового рынка, невысокая устойчивость и низкая кредитная способность банковской системы;

7) неэффективность инновационной системы, не позволяющая использовать в полной мере имеющийся человеческий потенциал и научные разработки.

Факторами усиления привлекательности инвестиционного климата в условиях глобализации являются:

- ускорение перехода к рыночным отношениям;
- формирование эффективной структуры привлекаемых ПИИ посредством проведения соответствующей внешнеэкономической политики;
- мотивирование иностранных инвесторов путем применения современных факторов привлечения ПИИ;
- ориентация на привлечение ПИИ малых и средних транснациональных корпораций;
- формирование гармоничной и прозрачной политики стимулирования ПИИ [2].

Очевидна прямая связь между улучшением структуры привлекаемого в страну иностранного капитала и существующим в ней инвестиционным климатом, однако без либерализации экономических отношений решение не только инвестиционных, но и других ключевых проблем экономического роста невозможно.

Л и т е р а т у р а

1. Муха, Д. Конкурентоспособность Беларуси в привлечении прямых иностранных инвестиций / Д. Муха, Н. Кашинская // Банк. вестн. – 2013. – № 6. – С. 16–24.
2. Каюкова, О. С. Прямые иностранные инвестиции как индикатор инвестиционной привлекательности Республики Беларусь / О. С. Каюкова, С. С. Дрозд // Вестн. ГГТУ им. П. О. Сухого. – 2010. – № 3. – С. 98–104.
3. Легкость ведения бизнеса в Беларуси // DoingBusiness. Оценка бизнес регулирования. – 2014. – Режим доступа: <http://russian.doingbusiness.org/data/exploreeconomies/belarus#>. – Дата доступа: 04.04.2014.

РОСТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА КАК СТРАТЕГИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА ЭКОНОМИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

И. Ю. Курбиева

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

Научный руководитель Н. П. Драгун

В Программе развития промышленного комплекса Республики Беларусь до 2020 г. сказано, что приоритетной задачей развития промышленности является обеспечение роста производительности труда за счет модернизации производств с созданием высокопроизводительных рабочих мест и модернизации существующих рабочих мест [1]. На повышение эффективности функционирования предприятий влияет внедрение новой техники и технологии производства, повышение уровня организации, нормирование и оплата труда, мотивация персонала, освоение и производство конкурентоспособной продукции. Совместное влияние перечисленных факторов на экономику предприятия отражается на величине прибыли и росте производительности труда.

Среди основных причин низкой производительности труда, с которыми сталкивается экономика Республики Беларусь, следует выделить:

1. Неэффективная организация труда, низкая эффективность управления проектами и закупочной деятельностью.
2. Несоответствие трудового законодательства существующим потребностям экономики. Ввиду сложности и комплексности программ обучения государству необходимо инвестировать значительные средства в развитие профессиональных навыков сотрудников.

3. Непрозрачное и избыточное регулирование. Многие административные процедуры в Республике Беларусь чрезмерно усложнены и требуют много времени.

4. Устаревшие мощности и методы производства.

5. Дефицит профессиональных навыков.

Динамика численности персонала и среднемесячной заработной платы по отраслям экономики Республики Беларусь представлена в табл. 1 [2].

Таблица 1

Динамика численности персонала и величины заработной платы

Отрасль экономики	Численность работников, тыс. чел.			Среднемесячная заработная плата работников, тыс. р.		
	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
Промышленность	1195,1	1181,9	1188,2	1315,0	2093,4	4223,5
Сельское хозяйство	456,6	450,4	480,2	840,1	1331,2	2769,6
Торговля	655,1	667,0	628,8	1041,9	1669,5	3506,2
Строительство	420,8	440,8	400,8	1497,5	2093,4	4375,6
Транспорт и связь	288,3	288,3	344,1	1327,9	1968,0	4223,6
Финансовая деятельность	69,4	70,8	73,2	2140,3	3324,2	6121,2
Образование	446,5	443,5	460,6	893,3	1493,2	2769,3
Здравоохранение	333,9	336,1	315,8	962,0	1573,8	2997,4
Предоставление социальных и коммунальных услуг	211,7	212,3	185,5	1041,5	1664,0	2996,5

Примечание. Разработано автором на основе [2].

Показатели, характеризующие эффективность использования средств на оплату труда по отраслям экономики Республики Беларусь, представлены в табл. 2 [2].

Таблица 2

Показатели эффективности использования средств на оплату труда

Отрасль экономики	Выручка на одного среднесписочного работника, млн р.			Выручка на 1 р. заработной платы, млн р.		
	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
Промышленность	634,7	650,7	692,3	341,5	230,8	117,4
Сельское хозяйство	152,4	174,6	203,0	40,1	43,7	42,0
Торговля	893,0	1053,5	1213,3	67,4	43,1	25,8
Строительство	206,1	267,3	356,2	45,2	54,2	38,7
Транспорт и связь	506,6	522,7	552,0	152,1	138,3	55,6
Финансовая деятельность	424,8	471,1	534,6	352,9	238,9	140,2
Образование	77,6	80,9	105,8	83,3	53,9	34,7
Здравоохранение	121,8	138,9	183,7	94,6	67,0	48,7
Предоставление социальных и коммунальных услуг	111,5	127,8	165,3	199,0	124,5	102,9

Примечание. Разработано автором на основе [2].

Анализ приведенных данных позволяет говорить о том, что по всем отраслям экономики наблюдается увеличение выручки на одного работника, что происходит в связи с ростом объемов производства в действующих ценах. Однако ситуация, сложившаяся со среднегодовой выработкой работников, сопровождается увеличением численности персонала и, следовательно, увеличением затрат на рабочую силу.

С точки зрения обеспечения должной рентабельности промышленного производства расчет влияния экстенсивных факторов на производительность труда, т. е. изменения численности занятых и заработной платы, а также интенсивного фактора – выручки, приходящейся на одного работника, целесообразно оценить путем проведения детерминированного факторного анализа по смешанной модели (1). Результаты от проведенного факторного анализа представлены в табл. 3.

$$XL = \frac{Ч \cdot ЗП}{W}, \tag{1}$$

где XL – фактор, содержащий показатели производительности труда и заработной платы.

Примечание. Разработано автором.

Таблица 3

Влияние факторов на изменение производительности труда работников промышленности

Показатель	Формула для расчета	Изменение	
		2011 г. к 2010 г.	2012 г. к 2011 г.
Изменение фактора зарплаты и производительности труда, в том числе за счет изменения:	$\Delta XL = XL_1 - XL_0$	1326,3	3446,5
– численности занятых работников	$\Delta XL_{(ч)} = XL_{уСП1} - XL_0$	-95,8	-463,4
– среднемесячной заработной платы работников	$\Delta XL_{(ЗП)} = XL_{уСП2} - XL_{уСП1}$	1449,5	3889,6
– выручки, приходящейся на одного работника	$\Delta XL_{(W)} = XL_1 - XL_{уСП2}$	-27,4	20,3

Примечание. Разработано автором.

Результаты проведенного анализа свидетельствуют о том, что наибольшее влияние на рост производительности труда работников промышленности Республики Беларусь оказывает увеличение заработной платы по всем отраслям. Таким образом, влияние экстенсивного фактора на рост производительности труда более значительно, чем интенсивного, что является отрицательным фактом.

Расчет производительности труда по добавленной стоимости наиболее точно отражает экономический смысл производительности труда как показателя эффективности использования трудовых ресурсов. Сравнительная характеристика производительности труда по ВДС и реальной заработной платы по отраслям промышленности Республики Беларусь в 2012 г. представлена в табл. 4 [2].

**Сравнительная характеристика производительности труда
по ВДС и реальной заработной платы**

Отрасль промышленности	Производительность труда по объему производства, %	Производительность труда по валовой добавленной стоимости в % к 2011 г.	Реальная заработная плата в % к 2011 г.	Соотношение темпов ПТ и реальной ЗП, <i>k</i>
Металлургическое производство	103,7	106,0	121,2	0,87
Производство машин и оборудования	97,0	113,5	121,9	0,93
Производство электрооборудования	112,7	111,5	128,9	0,87
Производство транспортных средств	131,5	107,0	132,5	0,81
Обработка древесины	102,0	110,0	158,8	0,69
Производство нефтепродуктов	102,3	105,5	111,7	0,94
Текстильное производство	103,7	111,5	126,6	0,88

Примечание. Разработано автором на основе [2].

Анализ приведенных данных позволяет сделать вывод о том, что опережающий темп роста производительности труда над темпом роста реальной заработной платы в Республике Беларусь за 2012 г. не наблюдается ни в одной из отраслей. Такая ситуация может привести к сокращению прибыли, росту убытков предприятия, так как происходит дополнительный расход средств фонда для выплаты заработной платы.

Для решения существующих проблем с целью повышения уровня производительности труда на государственном уровне необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать и утвердить принципы государственного регулирования ключевых отраслей с целью соблюдения баланса между качественным исполнением государственными институтами функций регулятора и созданием возможностей для экономического роста и повышения производительности.

2. Повысить требования к капиталу и ужесточить стандарты управления рисками в банковском секторе экономики.

3. Модернизировать систему профессионального образования и переподготовки путем создания профессиональных учебных учреждений, минимально достаточных для получения специального образования и переквалификации.

Литература

1. Об утверждении Программы развития промышленного комплекса Республики Беларусь до 2020 г. : Указ Президента Респ. Беларусь от 11.04.2011 г. № 136. – Режим доступа: Бизнес-Инфо. – Дата доступа : 03.04.2014 г.
2. Труд и занятость в Республике Беларусь : стат. сб. // Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Режим доступа: <http://belstat.gov.by>. – Дата доступа : 03.04.2014 г.

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПЕРЕВОДА
ТРАНСПОРТНОГО ХОЗЯЙСТВА ОАО «ГЗЛиН» НА АУТСОРСИНГ****Е. И. Борисенко***Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель И. В. Ивановская

В условиях рыночной экономики отечественные предприятия сталкиваются с усилением конкуренции как на внешнем, так и на внутреннем рынках, повышенной нестабильностью и неопределенностью внешней среды. В этой связи перед хозяйствующими субъектами встают проблемы обеспечения своей жизнеспособности и поиска источников поддержания экономической устойчивости. Вместе с тем большинство отечественных промышленных предприятий характеризуются высокой степенью автономности организации производственного процесса, где значительную роль играют вспомогательные и обслуживающие подразделения. Обременение непрофильными видами деятельности предприятий снижает их эффективность. Анализ теории и опыта работы зарубежных предприятий показывает, что повышение эффективности обеспечивается за счет перестройки структуры организации, перехода к активной политике инновационного обновления, способности адаптироваться к изменениям рынка путем выделения непрофильных производств и организации аутсорсинга [1, с. 167].

Предприятия могут выделить в аутсорсинг практически любую функцию – от управления человеческими ресурсами до логистики, информационного обслуживания, обработки платежных ведомостей и даже производства.

В соответствии с Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 4 февраля 2014 года № 95 в 2014 г. в Беларуси предусматривается проведение кампании по широкому применению аутсорсинга, что должно привести к сосредоточению всех ресурсов предприятий на основном виде деятельности с попутной передачей остальных вспомогательных функций профессиональным партнерам.

Цель данного исследования – проанализировать целесообразность и эффективность перевода непрофильных функций промышленного предприятия на примере транспортного хозяйства ОАО «ГЗЛиН».

Для оценки целесообразности передачи транспортного хозяйства на аутсорсинг нами были поставлены и решены следующие задачи:

- проанализировать деятельность транспортного хозяйства ОАО «ГЗЛиН»;
- изучить предложения на рынке транспортных услуг г. Гомеля;
- провести сравнительную оценку перевода транспортного хозяйства ОАО «ГЗЛиН» на аутсорсинг с собственными затратами.

В результате проведенного исследования было определено, что транспортное хозяйство ОАО «ГЗЛиН» представлено транспортно-технологическим отделом и двумя цехами – транспортным и железнодорожным. Назначение транспортного хозяйства предприятия – полное удовлетворение потребностей подразделений предприятия в грузоперевозках при максимальном использовании транспортных средств и минимальной себестоимости транспортных операций. В табл. 1 представлены основные показатели деятельности по транспортному хозяйству ОАО «ГЗЛиН».

Основные показатели деятельности транспортного хозяйства ОАО «ГЗЛиН»

Показатель	Годы			Темп роста, %	
	2010	2011	2012	2011/ 2010	2012/ 2011
Производство продукции и услуг, в том числе, млн р.:	7148	10090	22016	141,16	218,19
– транспортный цех	5304	8283	17359	156,17	209,57
– железнодорожный цех	1844	1807	4656	98,00	257,65
Численность работающих, чел., в том числе:	294	291	308	98,98	105,84
– транспортно-технологический отдел	59	58	60	98,31	103,45
– транспортный цех	176	175	182	99,43	104,00
– железнодорожный цех	59	58	66	98,31	113,79
Цеховая себестоимость, млн р.:	6841	11161	23620	163,14	211,63
– транспортный цех	5234	8862	17559	169,31	198,14
– железнодорожный цех	1606	2298	6061	143,06	263,66
Цеховые расходы, млн р.:	2847	4670	9984	164,06	213,76
– транспортный цех	1907	3504	7077	183,70	201,96
– железнодорожный цех	939	1166	2907	124,17	249,21
Затраты транспортно-технологичес- кого отдела, в том числе, млн р.:	1995	6643	13954	332,86	210,04
– командировочные расходы	224	403	11497	179,27	2852,08
– расходы на амортизацию	10,3	12,4	15,2	120,71	121,97
– расходы на оплату труда	192	449	619	237,29	13,80
– услуги промышленного характера	1567	1737	1822	110,81	104,90

Примечание. Разработано автором на основе статистической и финансовой отчетности ОАО «ГЗЛиН».

Таким образом, на основе данных, представленных в табл. 1, можно сделать следующие выводы: транспортное хозяйство функционирует с достаточно высокими темпами роста производства. Так, в 2011 г. темп роста производства был равен 41,16 %, в 2012 г. рост составил 118,19 %. Однако следует заметить, что вместе с темпами роста производства растут темпы роста затрат. В 2011 г. увеличение произошло на 64,06 %, в 2012 г. на 113,76 %. Но как мы видим, темпы роста производства выше, чем темпы роста цеховых затрат.

Также одной из положительных причин перехода на аутсорсинг является тот факт, что предприятие практически ежемесячно пользуется услугами сторонних организаций по причине нехватки своего автопарка. Данный факт подтверждается ростом затрат на услуги промышленного характера. Так, в 2011 г. рост составил 10,81 % по отношению к 2010 г., в 2012 г. – 4,9 % по отношению к 2011 г.

В данном хозяйстве наблюдается систематическое невыполнение прогнозных показателей, в связи с чем уровень оплаты труда данного хозяйства, по сравнению с другими хозяйствами предприятия, значительно ниже.

Транспортные услуги в г. Гомеле предоставляют такие компании, как БЭЛЕКС-ЛОГИСТИК, MARK TRANS TREND, ОДО «Белаварпромтранс», ОДО «А-Курс», а также большое количество индивидуальных предпринимателей. Все компании предоставляют широкий спектр услуг – от региональных до крупногабаритных международных перевозок, страхование груза при грузоперевозке в случае необходимости. В результате проведенного анализа услуг, предоставляемых транспортными компаниями г. Гомеля, было установлено, что, как правило, цена аренды автомобиля включает в себя расходы на ГСМ, оплату экипажа и страховку. Во всех компаниях, предоставляющих такие услуги, установлен определенный суточный километраж – от 20 до 300 км, превышение которого оплачивается дополнительно.

Для сравнительной оценки перевода транспортного хозяйства на аутсорсинг нами был проведен анализ затрат при осуществлении транспортных услуг собственными силами и при передаче услуг сторонней организации, по итогам которого были получены следующие результаты (табл. 2):

1. Затраты ОАО «ГЗЛиН» на содержание транспортного хозяйства складываются из затрат на ГСМ, амортизацию автомобилей, затрат, связанных с обслуживанием и ремонтом автомобилей, заработной платы водителей и обслуживающего персонала и затрат на содержание цехов и гаражей.

2. Тарифы на услуги в транспортных компаниях включают в себя: ГСМ (из расчета 300 км/сут., услуги экипажа), страхование автомобилей, страхование жизни и здоровья пассажиров, техническое обслуживание и предоставление подменного автомобиля. В случае превышения 300 км/сут. каждый последующий километр оплачивается из расчета 1000 за 1 км.

3. Стоимость услуг аутсорсера рассчитывалась исходя из 8-часового рабочего дня при 5-дневной рабочей неделе. Стоимость 1-го километра составляет в среднем 3000 р. Рассчитаем стоимость услуг при условии непревышения суточного лимита. Годовая оплата по тарифу (из расчета 300 км/сут.) составила 229,5 млн р. Расходы по оплате труда составят 15523 млн р. в год.

Таблица 2

Сравнительный анализ затрат при осуществлении транспортных услуг собственными силами и при передаче услуг сторонней организации

Собственные издержки на содержание транспортного хозяйства	Сумма, млн р.	Расходы предприятия при переводе транспортного хозяйства на аутсорсинг	Сумма, млн р.
Цеховые расходы	9984	Затраты на перевозки	229,5
Цеховая себестоимость	23620		
Затраты транспортно-технологического отдела	13954	Расходы по оплате труда	15523
<i>Итого издержки</i>	47560	<i>Итого расходы</i>	15752,5

Таким образом, на основе полученных нами результатов можно сделать вывод о целесообразности перевода транспортного хозяйства ОАО «ГЗЛиН» на аутсорсинг. Кроме снижения затрат на данном участке производства на 31807,5 млн р., предприятие получает и такие преимущества, как: возможность сконцентрироваться на основной деятельности; повышение качества услуг; предоставление обновленного автопарка компанией-аутсорсером; надежность и стабильность; отсутствие зависимости от болезней или увольнения работников.

Литература

1. Аникин, Б. А. Аутсорсинг и аустаффинг: высокие технологии менеджмента : учеб. пособие / Б. А. Аникин, И. Л. Рудая. – М. : Инфра-М, 2006. – 288 с.
2. Поликарпова, Т. И. Оценка перехода вспомогательных производств энергетических предприятий на аутсорсинг / Т. И. Поликарпова [и др.] // Вестн. КрасГАУ. – 2012. – № 11. – С. 6–10.

ПРОБЛЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

А. Н. Силивончик

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

Научный руководитель Н. П. Драгун

Одной из центральных проблем реформирования национальной экономики Беларуси является проблема привлечения инвестиций, необходимых для модернизации и повышения темпов роста отечественного производства. Успешность решения этой задачи во многом определит направление и успешность дальнейшего социально-экономического развития страны.

Динамика инвестиционной активности представлена в табл. 1.

Таблица 1

Инвестиции в основной капитал в Республике Беларусь [1]

Показатель	2001 г.	2005 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Инвестиции в основной капитал (в фактически действовавших ценах; млрд р.)	3049	15095	37202	43377,6	55380	98664	154442	202696
Индексы инвестиций в основной капитал (в сопоставимых ценах; в процентах к предыдущему году)	96,5	120,0	123,5	104,7	115,8	117,9	88,3	107,4
Строительно-монтажные работы (включая работы по монтажу оборудования)	48,1	42,7	43,2	48,9	50,2	44,9	49,3	52,7
Затраты на приобретение машин, оборудования, транспортных средств	39,6	46,8	43,9	39,2	38,4	45,2	41,2	36,7
Прочие работы и затраты	12,3	10,4	12,9	11,9	11,4	9,8	9,5	10,5

Для экономики Республики Беларусь тенденция активизации инвестиционного процесса характерна начиная с 2001 г. В целом за период 2001–2013 гг. объем реальных инвестиций в основной капитал увеличился в 4,1 раза при росте ВВП в 1,68 раза в реальных ценах. Но в 2012–2013 гг. объем инвестиций в основной капитал снижался по отношению к предыдущему году.

Данные табл. 1 показывают, что инвестиции в основной капитал в фактических ценах на протяжении всего периода имели устойчивую тенденцию к росту. В структуре инвестиционных затрат большая часть принадлежит строительно-монтажным работам. Их рост в 2012 г. по отношению к 2011 составляет 106,9 %, а в 2011 по отношению к 2010 г. – 109,8 %.

Темп роста затрат на приобретение машин и оборудования в 2012 г. снизился на 10,9 %, в 2011 г. снижение составляло 8,8 %, а в 2010 г. наблюдался рост по сравнению с 2009 и составлял 117,7 %. Данную тенденцию можно рассматривать как отрицательную, поскольку она свидетельствует, что инвестиции вкладываются не в установку нового и более современного, а в ремонт уже имеющегося, устаревшего.

Большая часть инвестиций направляется в сферу промышленности, что оценивается положительно, поскольку производящая отрасль должна поддерживаться больше всего, так как дает большую добавленную стоимость. Темп роста в 2010 г. по отношению к 2005 снизился на 6 %, однако в 2011 повысился на 37 %, в 2012 г. наблюдалось снижение на 14,6 %.

Второе место в структуре занимает экономическая деятельность, связанная с операциями с недвижимым имуществом. Самый большой процент наблюдался в 2010 г. и составил 25,8 % в общей структуре, затем в 2011 и 2012 г. произошло снижение и процент составил 20,8.

Третья позиция в структуре принадлежит сельскому хозяйству, что также оценивается положительно. Темп роста в 2010 г. составил 30,9 %, в 2011 г. снизился на 27 %, однако в 2012 г. возрос на 20 %.

Рост инвестиционной активности во многом обусловлен макроэкономической стабилизацией экономики Беларуси.

Далее для выявления зависимости темпов роста инвестиций от различных факторов приведем динамику в табл. 2.

Таблица 2

Динамика инвестиций и их взаимосвязь с другими факторами

Год	Индексы инвестиций	Темп роста экспорта	Сальдо торгового и платежного баланса	ИПЦ	Темп роста ставки рефинансирования
2001	96,5	106,2	101,3	146,1	51,04
2005	120	112,4	110,3	108	22,1
2006	132,2	114,2	111,9	106,6	75,9
2007	116,2	118,7	109,8	112,1	102,4
2008	123,5	120,2	112,7	113,3	103,8
2009	104,7	119,3	113,4	110,1	126,15
2010	115,8	130,4	113,2	109,9	85,5
2011	117,9	128,9	150,8	208,7	207,09
2012	88,3	114,5	114,5	121,8	141,2
2013	107,4	116,7	83,6	116,5	75,8

Данные табл. 2 показывают, что в период с 2001 по 2008 г. наблюдался устойчивый рост инвестиций, однако последние годы наблюдается их снижение.

Инвестиционная активность предприятий оказывает огромное влияние на все сферы деятельности национальной экономики. Данное утверждение подтверждает такой факт, что при повышении инвестиционной активности активизируются инвестиции и наоборот.

Проведем корреляционно-регрессионный анализ для выявления связей между данными макроэкономическими показателями и объемом инвестиций. Результаты данного анализа позволили выявить, что:

- гипотеза о том, что уровень инвестиций имеет сильную взаимосвязь с объемом экспорта, не подтверждается;
- гипотеза о том, что уровень инвестиций влияет на сальдо торгового и платежного баланса, верна;
- гипотеза о том, что на уровень инвестиций влияет индекс потребительских цен, верна;
- гипотеза о том, что на уровень инвестиций влияет ставка рефинансирования, не верна.

Полученные нами результаты свидетельствуют о том, что в экономике Республики Беларусь инвестиции имеют плановое распределение и на их объем не влияет значение макроэкономических показателей, поскольку они регулируются Государственными программами.

В настоящий момент инвестиционная активность регламентируется Государственной инвестиционной программой на 2014 г.

Государственные программы инвестиционного развития создают цель и определяют дальнейшее направление в развитии инвестиционной деятельности.

Инвестиционная активность является одним из важнейших элементов успешного развития страны, поскольку оказывает влияние на обновление основных средств, увеличение производства и многое другое. В настоящее время данному вопросу уделяется большое внимание как на уровне предприятия, так и на уровне государства. Следовательно, проведенный в работе анализ позволяет выявить несовершенство, а решение выделенных проблем поможет совершенствовать инвестиционную активность.

Важными элементами успешного развития инвестиционных процессов в экономике являются [2]:

- развитие рыночной экономики;
- стимулирование государством инвестиционной активности в отраслях, создающих большую добавленную стоимость;
- прямое стимулирование потребления инвестиционной продукции, которое должно осуществляться путем преимущественного предоставления льготных и связанных кредитов на закупку отечественного оборудования и сырья. Кроме того, необходима доработка и развитие селективных форм кредитования и финансирования [3];
- развитие фондового рынка.

Л и т е р а т у р а

1. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – 2014. – Режим доступа: <http://belstat.gov.by>. – Дата доступа: 22.02.2014.
2. Павлюк, Н. А. Управление инвестиционной активностью предприятия / Н. А. Павлюк // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. Сер. «Экономика». – 2004. – № 3 (25).
3. Севрюгин, Ю. В. Оценка инвестиционной привлекательности промышленного предприятия : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Ю. В. Севрюгин. – Ижевск, 2010. – 37 с.

ОЦЕНКА И ПУТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ДЕНЕЖНЫХ ДОХОДОВ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Д. С. Евменов

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

Научный руководитель Н. П. Драгун

Основой гармоничного развития белорусского государства является баланс между экономической эффективностью и социальной справедливостью, создание материальной базы и системы стимулирования творческого развития работника и его высокопроизводительного труда. Производительность труда представляет собой один из обобщающих показателей эффективности производства, снижение которого является основным сдерживающим фактором развития экономики.

При этом вопрос о производительности труда следует рассматривать в увязке с заработной платой и уровнем жизни. При низкой оплате труда нельзя говорить о росте производительности, равно как и при низкой и снижающейся производительности нельзя вести речь о достойной оплате труда и ее росте.

В соответствии с Национальной стратегией устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 г. одним из приоритетных направлений является последовательное повышение денежных доходов населения как важнейшего показателя уровня жизни населения. В области политики денежных доходов и оплаты труда предусматривается увеличение реальных денежных доходов в соответствии с ростом ВВП, рост реальной заработной платы в соответствии с ростом производительности труда [1].

Рост денежных доходов населения и заработной платы в Республике Беларусь рассматривается как фактор экономического роста и расширения внутреннего потребительского спроса. В этой связи направлениями политики Республики Беларусь в области оплаты труда должны стать:

- кардинальное повышение уровня заработной платы работников как основного источника формирования денежных доходов населения и важного стимула трудовой активности;
- повышение производительности труда и эффективности хозяйствования;
- рост инвестиционного потенциала населения;
- снижение налоговой нагрузки на фонд заработной платы субъектов хозяйствования всех форм собственности.

Динамика валового внутреннего продукта, производительности труда и реальной заработной платы в Республике Беларусь представлена в табл. 1 [2].

Таблица 1

Динамика ВВП и производительности труда в сопоставимых ценах, реальной заработной платы в Республике Беларусь за 2009–2013 гг. (в % к предыдущему году)

Показатель	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Валовой внутренний продукт	100,2	107,7	105,5	101,7	100,9
Производительность труда	99,5	107,2	105,7	103,3	101,5
Реальная заработная плата	100,1	115,0	101,9	121,5	115,8

Опережающие темпы роста ВВП по сравнению с темпами роста производительности труда в 2009–2011 гг. свидетельствуют о том, что прирост ВВП обеспечивался не только за счет интенсивного фактора – производительности труда, – но и за счет повышающихся темпов роста численности занятых в экономике страны. Однако с 2012 г. ситуация изменилась, в 2013 г. по отношению к 2012 г. темп роста производительности труда выше темпа роста валового внутреннего продукта на 0,6 %, что оценивается нами как положительная динамика в развитии национальной экономики.

В соответствии с Программой социально-экономического развития Республики Беларусь на 2011–2015 гг. предполагается обеспечить поступательный рост заработной платы посредством установления прямой зависимости ее повышения от показателей эффективности производства, качества и производительности труда. Тем не менее в настоящий момент наблюдаются опережающие темпы роста реальной заработной платы населения (в 2013 г. – 115,8 %) по отношению к темпам роста производительности труда (101,5 %) [3].

Сравнительная характеристика производительности труда по валовой добавленной стоимости и реальной заработной платы в 2013 г. в целом по стране и по видам экономической деятельности приведена в табл. 2.

Таблица 2

**Темпы роста (снижения) производительности труда и реальной заработной платы в 2013 г. по видам экономической деятельности
(в % к предыдущему году)**

Показатели по стране и видам деятельности	Темп роста		Соотношение темпов производительности труда и реальной заработной платы, <i>k</i>
	производительности труда по ВДС	реальной заработной платы	
Республика Беларусь, в том числе:	101,8	115,8	0,88
Сельское хозяйство	102,6	119,4	0,86
Промышленность	106,8	114,1	0,93
Строительство	100,3	128,7	0,78
Транспорт и связь	105,5	118,0	0,89
Финансовая деятельность	123,0	115,2	1,07
Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг	100,1	120,9	0,83

Данные табл. 2 показывают, что в Республике Беларусь в 2013 г. производительность труда, исчисленная по валовой добавленной стоимости, возросла по отношению к 2012 г. на 1,8 %. Самые высокие темпы роста производительности труда относились к следующим видам экономической деятельности: финансовая деятельность – 123 %, промышленность – 106,8 %. При этом по видам экономической деятельности – строительство, операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг в 2013 г. – производительность труда увеличилась незначительно (100,3 и 100,1 %, соответственно). Таким образом, данная тенденция развития национальной экономики нами определена как улучшающаяся.

Реальная заработная плата в исследуемом периоде увеличилась на 15,8 %. Наибольший рост наблюдается по видам деятельности: строительство и операции с не-

движимым имуществом (128,7 и 120,9 %, соответственно). Наименьший рост реальной заработной платы в 2013 г. по отношению к 2012 г. наблюдается в промышленности – 114,1 %. Таким образом, наилучшее соотношение темпов производительности труда и реальной заработной платы относится к финансовой деятельности – 1,07. Также необходимо отметить как положительное явление в развитии экономики страны соотношение данных показателей в промышленности, которое стремится к единице и в 2013 г. составило 0,93.

В темпах развития Республика Беларусь пока отстает от высокоразвитых стран. Сдерживающими факторами являются недостаточно эффективная структура экономики, которая характеризуется высокой импортоемкостью, энергоемкостью выпускаемой продукции, а также низкой производительностью труда. Как результат – недостаточная конкурентоспособность продукции отечественного производства. При этом снижается эффективность инвестиций и медленными темпами увеличивается объем привлечения в экономику прямых иностранных инвестиций. Слабой остается восприимчивость предприятий и организаций к инновациям.

Следовательно, для оптимизации производительности труда и доходов населения на предприятиях Республики Беларусь необходимо:

- создать условия для повышения тарифных ставок (окладов) работников в зависимости от эффективности хозяйствования для всех субъектов предпринимательской деятельности;

- усилить законодательную защиту прав наемных работников на труд и его справедливую оплату;

- обеспечить инновационную модернизацию промышленности и национальной экономики, в частности обновление изношенных и низкопроизводительных основных фондов;

- повысить эффективность организации производственных систем, процессов и труда;

- совершенствовать организацию труда и рабочих мест, в том числе за счет применения современных методов: аутсорсинг, лизинг персонала и др.;

- повысить уровень использования высоких технологий, информатизации и автоматизации производства;

- улучшить инвестиционную инфраструктуру с целью повышения возможности финансирования инновационных проектов с крупными вложениями.

Направленность государственной политики Республики Беларусь на реализацию указанных выше направлений и преодоление ограничений экономического роста позволит обеспечить устойчивые темпы социально-экономического развития страны, повысить уровень жизни населения и выйти на более высокий уровень развития.

Л и т е р а т у р а

1. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 г. / Нац. комис. по устойчивому развитию Респ. Беларусь ; редкол.: Я. М. Александрович [и др.]. – Минск : Юнипак, 2004.
2. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск, 2014. – Режим доступа: <http://belstat.gov.by>. – Дата доступа: 12.03.2014.
3. Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2011–2015 гг. : утв. Указом Президента Респ. Беларусь 11 апр. 2011 г., постановлением Совета Министров Респ. Беларусь 11 июля 2011 г. – Минск : ГУ «БелИСА», 2011.

РЕАЛЬНАЯ ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ

В. О. Дербеева

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

Научный руководитель Е. В. Трейтъякова

Уровень жизни является одной из важнейших социальных категорий, которая характеризует структуру потребностей человека и возможности их удовлетворения. Рост уровня жизни создаст возможности, материальную базу для улучшения качества жизни, которое не ограничивается уровнем потреблением товаров и услуг, а выступает обобщающей характеристикой социально-экономических результатов развития общества и включает среднюю продолжительность жизни, уровень заболеваемости, условия и охрану труда, доступность информации, обеспечение прав человека и т. д. В рыночной экономике важнейшими составляющими уровня жизни становятся также степень социальной защищенности населения, свобода выбора человека, улучшение социальной среды, культурные национальные и религиозные отношения.

Важнейшими составляющими уровня жизни выступают доходы населения и его социальное обеспечение, потребление им материальных благ и услуг, условия жизни, свободное время. Таким образом, одним из показателей уровня жизни населения является реальная заработная плата.

Реальная заработная плата – это заработная плата, исчисленная, определяемая в виде количества благ, потребительских товаров и услуг, которые можно на нее приобрести. Реальная заработная плата определяется как размером номинальной заработной платы (заработная плата в денежном выражении), так и уровнем цен на потребительские товары и услуги, а также налогов, выплачиваемых из заработной платы. Реальная заработная плата уменьшается при наличии инфляции, если инфляция не компенсируется увеличением, индексацией заработной платы.

Номинальная начисленная среднемесячная заработная плата работников Республики Беларусь в январе 2014 г. составила 5322,4 тыс. р., и уменьшилась по сравнению с декабрем 2013 г. на 9,1 %, или на 532,2 тыс. р.

Реальная заработная плата (заработная плата, рассчитанная с учетом роста потребительских цен на товары и услуги) в январе 2014 г. по сравнению с январем 2013 г. увеличилась на 5,8 %, в январе 2014 г. по сравнению с декабрем 2013 г. уменьшилась на 10,5 %.

В январе 2014 г. в промышленности средняя заработная плата составила 5903,9 тыс. р., в строительстве – 6538,6 тыс., на транспорте и в связи – 6104,8 тыс., в сельском хозяйстве, охоте и лесном хозяйстве – 3842,5 тыс., в образовании – 3657,7 тыс., в том числе учителей – 4305,6 тыс., профессорско-преподавательского состава – 5985,3 тыс. р. Заработная плата работников здравоохранения и предоставления социальных услуг в январе 2014 г. сложилась в размере 3812,4 тыс. р., в том числе в области здравоохранения – 3902,6 тыс. р. Средняя заработная плата врачей составила 6164,7 тыс. р., среднего медицинского персонала – 3760,6 тыс. р.

**Начисленная среднемесячная заработная плата работников
Республики Беларусь по областям и г. Минску**

Субъекты	Номинальная начисленная средняя заработная плата в январе 2014 г., р.	Изменение реальной заработной платы в январе 2014 г., к январю 2013 г., %
Республика Беларусь	5322441	105,8
Области:		
– Брестская	4642779	105,9
– Витебская	4748912	106,4
– Гомельская	4970285	103,7
– Гродненская	4782537	106,5
– г. Минск	7169494	108,7
– Минская	5123998	103,0
– Могилевская	4722322	102,7

Таким образом, в целом по Республике Беларусь прослеживается рост реальной заработной платы на 5,8 %. Наибольший рост реальной заработной платы наблюдается по г. Минску (8,7 %) и по Гродненской области (6,5 %), а наименьший – по Могилевской области (2,7 %).

Наибольшая номинальная начисленная средняя заработная плата по видам экономической деятельности прослеживается в таких отраслях, как промышленность, а именно производство кокса, нефтепродуктов и ядерных материалов – 10771251 р., транспорт и связь деятельность воздушного транспорта – 11104778 р., финансовое посредничество – 10622633 р., деятельность, связанная с вычислительной техникой – 15327467 р. [1].

Относительно всего мира за последние четыре года подряд (с 2008 по 2011 г.) темпы роста реальной среднемесячной заработной платы, оставаясь положительными, тем не менее снизились до уровня намного меньшего, чем докризисный. Это верно вне зависимости от включения или исключения официальной китайской статистики по заработной плате, хотя без учета Китая глобальный рост заработной платы получается значительно меньшим ввиду размера этой страны (в плане численности наемных работников) и исключительно высоких темпов роста ее экономики [2].

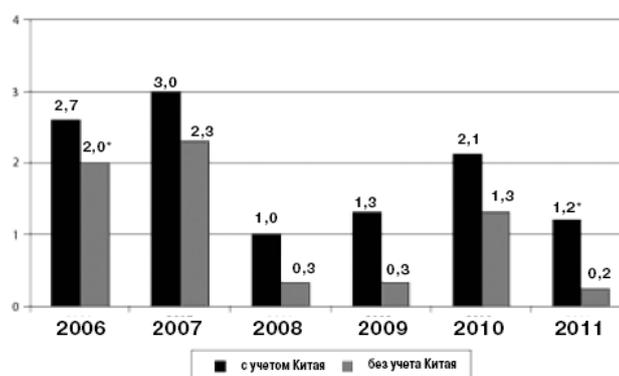


Рис. 1. Годовые темпы роста реальной средней заработной платы в мире, 2006–2011 гг.

Средняя заработная плата в странах мира за 2013 г.

Страны мира	Среднемесячная заработная плата, дол. США
Норвегия	5500
США	4300
Германия	4000
Япония	3900
Греция	2400
Южная Корея	2200
Эстония	1150
Чили	1100
Чехия	1300
Болгария	1000
Россия	900
Казахстан	640
Азербайджан	510
Грузия	420
Украина	390
Беларусь	320
Киргизстан	230
Таджикистан	120

Как представлено в табл. 2, странами с наибольшей средней заработной платой в мире являются США, страны Западной Европы, а также Япония и Южная Корея. Среди стран СНГ лидирующие позиции удерживает Россия, на втором месте Казахстан, на третьем – Азербайджан, на четвертом – Грузия, а Украина по уровню заработной платы находится на пятом месте. Относительно Беларуси наблюдается рост средней заработной платы за 2013 г. по сравнению с 2012. Однако следует отметить, что в большей степени на это повлияла стабилизация курса белорусского рубля, чем рост реальных доходов граждан Республики Беларусь [3].

Таким образом, как по Республики Беларусь в целом, так и по областям наблюдается рост реальной заработной платы населения, что является положительной тенденцией и, в свою очередь, положительно сказывается на качестве жизни населения, увеличивается уровень жизни населения.

Литература

1. О начисленной средней заработной плате работников Республики Беларусь в январе 2014 г. – Режим доступа: <http://belstat.gov.by/homep/ru/indicators/pressrel/salary.php>. – Дата доступа: 09.03.2014.
2. Заработная плата в мире в 2012–2013 гг. : доклад / Заработная плата и справедливый рост // ГТПДТ и Бюро МОТ для стран Восточной Европы и Центральной Азии. – М. : МОТ, 2013.
3. Средняя заработная плата в России и других странах мира в 2013 году : электрон. журн. «Деловая жизнь». – Режим доступа: <http://bs-life.ru/rabota/zarplata/srednyaya-zarplata>. – Дата доступа: 09.03.2014.

ЛОГИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ МАТЕРИАЛЬНЫМИ ПОТОКАМИ НА БЕЛОРУССКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

А. А. Драпеза

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

Научный руководитель Н. П. Драгун

В современной экономике логистика представляет собой интегрированную систему стратегического управления материалопотоками и сопровождающими их информационными и финансовыми потоками. Междисциплинарный методологический инструментарий логистики, синтезирующий методологию общей теории систем, кибернетики, маркетинга, менеджмента и др., позволяет комплексно и оптимально решать проблемы организации движения материальных и информационных потоков от мест их происхождения до мест применения. Критерием оптимальности при этом выступает минимальный уровень совокупных хозяйственных издержек, формирующихся на всем протяжении движения товарно-материальных потоков от закупки сырья до поставки готовой продукции.

Вместе с тем, базируясь на подходах теории экономических компромиссов, логистика создает условия по гармонизации интересов всех участников логистических цепей для снятия наиболее острых противоречий между различными отраслями и видами.

С внедрением логистических схем транспортное бизнес-сообщество связывает снижение транспортных издержек и повышение конкурентоспособности отечественных товаров и услуг как в настоящее время, так и на перспективу. Установлено, что применение логистической системы способно обеспечить: сокращение уровня складских запасов сырья и готовой продукции на 30–50 %; ускорение процесса транспортирования в 1,5–2 раза; улучшение использования производственных мощностей фирм-производителей продукции на 20–50 % [1].

Наиболее распространенным путем развития логистики является образование специализированных логистических предприятий (транспортно-логистические центры (ТЛЦ)), создаваемых на базе общесетевых транспортных узлов и функционирующих, как правило, на коммерческой корпоративной основе. Использование таких центров позволяет скоординировать работу различных видов транспорта и участников транспортно-логистического процесса. Логистические предприятия, образованные в узлах пересечений ведущих транспортных магистралей, имеющих международное, межрегиональное, региональное или городское значение, представляют собой не только важный инфраструктурный элемент современной транспортной сети, но ресурс экономического развития территории.

Для того чтобы белорусский логистический рынок стал более привлекательным для иностранных игроков, особое внимание нужно уделить развитию транспортной инфраструктуры в силу стратегически выгодного экономико-географического положения страны. Поэтому необходимо решить существующий спектр проблемы в транспортной инфраструктуре:

- повышение качества транспортных услуг, предоставляемых грузовладельцам;
- развитие конкурентной среды;
- перспективы развития отечественного транспортного машиностроения;
- применение технологий аутсорсинга в транспортном секторе;
- развитие рынка контейнерных перевозок;
- внедрение логистических технологий и совершенствование взаимодействия железнодорожных работ, речных портов;

- совершенствование тарифной политики;
- привлечение инвестиций в развитие транспортной и терминально-складской инфраструктуры;
- страхование транспортных услуг;
- формирование единого информационного пространства транспортной системы страны;
- перспективы развития высокоскоростного движения на железных дорогах.

Решение представленных проблем важно для развития страны, поскольку отсталая транспортно-логистическая инфраструктура сдерживает развитие экономики, обуславливает транспортную дискриминацию населения.

Выгодное географическое положение Республики Беларусь в Европе, наличие современных мультимодальных транспортных коридоров делает развитие экспорта данных услуг одной из основных составляющих стабильного развития экономики республики. Республика Беларусь является транзитным, связующим элементом в торговле между Востоком и Западом. Она имеет широкую сеть автомобильных (64,0 тыс. км) и железных (5,5 тыс. км) дорог, около 2,0 тыс. км водных путей. Самые короткие дороги, соединяющие страны Западной Европы, Скандинавии и Балтии со странами СНГ, а также Южную и центральную Европу с северо-западными районами России, проходят через территорию республики [2].

В январе-сентябре 2013 г. грузооборот всех видов транспорта, выполненный организациями, составил 93,2 млрд т/км, объем перевозок грузов – 330,7 млн т.

В таблице представим данные о грузообороте по видам транспорта.

Данные о грузообороте по видам транспорта

Показатели	Январь–сентябрь 2013 г.	Январь–сентябрь 2013 г. в % к январю–сентябрю 2012 г.	Сентябрь 2013 г. в % к		Январь–сентябрь 2012 г. в % к январю–сентябрю 2011 г.
			сентябрю 2012 г.	августу 2013 г.	
Грузооборот транспорта – всего млн т/км, в том числе:	93155,5	95,2	97,9	97,3	99,5
– трубопроводного	45550,5	99,4	103,0	101,6	94,8
– железнодорожного	32233,1	87,1	94,2	94,4	100,8
– автомобильного	15291,9	102,3	92,5	91,7	113,4
– воздушного	19,4	85,8	36,2	109,0	116,9
– внутреннего водного	60,6	60,3	67,5	93,6	93,1
Грузооборот транспорта (беструбопроводного), млн т/км	47605,0	91,4	93,5	93,5	104,1

Уменьшение грузооборота организаций в январе-сентябре 2013 г. по сравнению с январем-сентябрем 2012 г. на 4,8 % обусловлено изменением грузопотоков на трубопроводном, железнодорожном и автомобильном транспорте, доля которых в общем объеме грузооборота составила, соответственно, 48,9, 34,6 и 16,4 % [3].

Экспорт транспортных услуг является одним из приоритетных направлений и имеет важное стратегическое значение для экономики страны. Положительное саль-

до услуг, отражающее превышение экспорта страны над ее импортом, сложилось в размере 2,4 млрд дол. (3,9 % ВВП), превысив уровень 2011 г. на 12,7 %. Из них услуги транспорта составили 2,1 млрд дол. [4].

Основной задачей государственной политики в области транспорта Республики Беларусь является формирование транспортно-логистической системы, позволяющей обеспечить потребности экономики и граждан в перевозках, а также создание условий для реализации транзитного потенциала страны. В связи с этим предлагается провести реконструкцию и модернизацию транзитной инфраструктуры и дорог, расширить транспортные, коммуникационные и финансовые коридоры посредством следующих мероприятий:

- строительство и реконструкция республиканских дорог;
- увеличение объема и повышения качества сервисных услуг, предоставляемых на объектах, расположенных вдоль основных автомагистралей и автодорожных пунктах пропуска через Государственную границу Республики Беларусь;
- развитие автодорожных пунктов пропуска и на железнодорожных вокзалах (станциях) через Государственную границу Республики Беларусь, в том числе технической базы для выполнения пограничного, таможенного и иных видов контроля на основных маршрутах следования транзитных грузопотоков;
- электрификация отдельных участков железной дороги;
- повышение скоростей движения по железной дороге;
- создание на территории республики 18 транспортно-логистических центров и 10 логистических центров РУП «Белтаможсервис», из них 22 – на II и IX панъевропейских транспортных коридорах, проходящих через территорию Республики Беларусь;
- разработка и внедрение информационных и информационно-управляющих технологий в сфере транспорта и логистики, а также пограничного, таможенного и иных видов контроля;
- строительство, реконструкция и модернизация инфраструктуры аэровокзалных комплексов;
- развитие придорожного сервиса. Для достижения международных нормативов в соответствии с Европейским соглашением о международных автомагистралях и соглашением о трансъевропейских автомагистралях 2011–2015 гг. требуется увеличить количество объектов придорожного сервиса на 168, из них 25 автозаправочных станций, 60 станций технического обслуживания, 16 пунктов постоя, 42 пункта питания и 25 площадок отдыха [5].

Исходя из этого можно сделать вывод, что только разумная государственная политика, системное видение проблем, осмысление происходящего и возможного будущего позволит понять стратегически важное значение транспортной инфраструктуры и необходимость ее логистического управления. А итогом должны стать не только преодоление дифференциации регионального экономического развития, но и создание качественных условий жизнедеятельности.

Л и т е р а т у р а

1. Официальный сайт экспертных групп по обновлению «Стратегии–2020». – Режим доступа : [http:// strategy2020.rian.ru/g19/](http://strategy2020.rian.ru/g19/).
2. Программа развития логистической системы Республики Беларусь на период до 2015 г., утвержденная постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 29.08.2008 г. № 1249. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/main.aspx?guid=3871&p0=C20801249&p2=%7BNRPA%7D>.
3. Транспорт и связь в Республике Беларусь : стат. сб. – Минск, 2013. – Режим доступа: belstat.gov.by/homep/ru/indicators/doclad/2013_12/8.pdf.

4. Платежный баланс Республики Беларусь за 2012 год. – Режим доступа: <http://www/nbrb.by/statistics/BalPay/comment/2012.pdf>.
5. Стратегия развития транзитного потенциала Республики Беларусь на 2011–2015 годы, утвержденная постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 9 авг. 2010 г. № 1181. – Режим доступа: <http://pravo.levonevsky.org/bazaby11/republic05/text182.htm>.

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ УРОВНЯ РИСКА ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

И. В. Губкина, Т. А. Дудянова

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

Научный руководитель Н. А. Алексеенко

Вне зависимости от причин, по которым требуется реализовать тот или иной инвестиционный проект, организации придется столкнуться с вопросом о необходимости составления бизнес-плана инвестиционного проекта и оценки экономической эффективности инвестиций.

Разработав данный проект, инвестор получает документ, в котором поэтапно описано, как его бизнес-идея будет воплощена в жизнь и какие результаты он получит на каждой стадии реализации проекта.

В Республике Беларусь в последние годы сформирована законодательная база, регламентирующая порядок разработки и проведения экспертизы бизнес-планов инвестиционных проектов, а также бизнес-планов развития организаций на кратко- и среднесрочную перспективу. При этом отдельно разработанного национального стандарта или методических рекомендаций по оценке рисков и неопределенностей в инвестиционном проектировании не создано. В нормативных актах по бизнес-планированию лишь упоминается необходимость проведения оценки отдельных видов рисков и выработке мер по снижению вероятности их наступления. Ведь выявление риска – это не повод отказаться от проекта, а повод для выработки конкретных мер по его минимизации.

В качестве приемлемых и достаточно простых методов оценки риска можно использовать следующие: метод корректировки нормы дисконта, анализ чувствительности отдельных показателей проекта и метод Монте-Карло.

Первый и самый простой метод – *корректировка нормы дисконта*.

Согласно Правилам по разработке бизнес-планов инвестиционных проектов, утвержденным постановлением Минэкономики Республики Беларусь от 31.08.2005 № 158, в зависимости от того, каким методом учитывается неопределенность условий реализации проекта, в необходимых случаях может учитываться надбавка за риск, которая добавляется к ставке дисконтирования для безрисковых вложений.

В общем виде коэффициент дисконтирования (D_{cp}) рассчитывается исходя из средневзвешенной нормы дисконта с учетом структуры капитала:

$$D_{cp} = (P_{c.k} \times SK + P_{з.к}) / 100,$$

где $P_{c.k}$ – процентная ставка на собственные средства; SK – доля собственных средств в общем объеме инвестиционных затрат; $P_{з.к}$ – процентная ставка по кредиту; $ЗК$ – доля кредита в общем объеме инвестиционных затрат.

Данная норма дисконта, не включающая поправки на риск (безрисковая норма дисконта), основывается на доходности альтернативных безрисковых направлений инвестирования.

Для учета возможных потерь к безрисковой норме дисконта вводится поправка на риск:

$$D_{\text{ср}} = (P_{\text{с.к}} \times \text{СК} + P_{\text{з.к}}) / 100 + J,$$

где J – поправка на риск.

В поправке на риск в общем случае учитывается три типа рисков, связанных с реализацией инвестиционного проекта (хотя могут быть учтены и другие):

$$J = J_1 + J_2 + J_3,$$

где J_1 – поправка на страновой риск; J_2 – поправка на риск ненадежности участников проекта; J_3 – поправка на риск неполучения предусмотренных проектом доходов.

Поправка на страновой риск оценивается экспертно. Размер поправки на страновой риск может снижаться при условии предоставления инвестиционному проекту государственной поддержки, а также когда проект реализуется на условиях соглашения о разделе продукции.

Размер поправки на риск ненадежности участников проекта также определяется экспертно каждым конкретным участником проекта с учетом его функций, обязательств перед другими участниками и обязательств других участников перед ним.

Поправка на риск неполучения предусмотренных проектом доходов определяется технической реализуемостью и обоснованностью проекта, детальностью проработки проектных решений, наличием необходимого научного и опытно-конструкторского задела и репрезентативности маркетинговых исследований.

Второй метод – это *анализ чувствительности*. Он предполагает оценку влияния изменения отдельных характеристик проекта (элементов затрат, объемов и цены продаж) на показатель результата (например, внутренняя норма прибыли или чистый дисконтированный доход (NPV)). Данный метод прост в применении, не требует дополнительной информации и потому чаще других используется в анализе проектного риска.

Цель анализа – установить уровень влияния отдельных варьирующих факторов на финансовые показатели инвестиционного проекта. Его инструментарий позволяет оценить потенциальное воздействие риска на эффективность проекта.

В анализе чувствительности инвестиционные критерии определяются для широкого диапазона исходных условий. Выделяются наиболее важные параметры проекта, выявляются закономерности изменения финансовых результатов от динамики каждого из параметров.

В процессе анализа чувствительности вначале определяется «базовый» вариант, при котором все изучаемые факторы принимают свои первоначальные значения. Затем значение одного из исследуемых факторов варьируется в определенном интервале при стабильных значениях остальных параметров. При этом оценка чувствительности проекта начинается с наиболее важных факторов, которые соответствуют пессимистическому и оптимистическому сценариям. Только после этого устанавливается влияние изменений отдельных параметров на уровень эффективности проекта. Кроме того, анализ чувствительности положен в основу принятия проекта.

Показатель чувствительности вычисляется как отношение процентного изменения критерия – выбранного показателя эффективности инвестиций (относительно

базисного варианта) к изменению значения фактора на 1 %. Таким способом определяются показатели чувствительности по каждому из исследуемых факторов.

С помощью этого анализа на базе полученных данных можно установить наиболее приоритетные с точки зрения риска факторы, а также разработать наиболее эффективную стратегию реализации инвестиционного проекта.

Имитационное моделирование, которое также называют *методом Монте-Карло* или стресс-тестированием, является развитием сценарного подхода с применением компьютерных технологий.

Указанный метод требует от разработчиков определенных знаний в области математического анализа и теории вероятности.

Перед началом моделирования выбирают ключевые переменные проекта (например, величина спроса и цены на ресурсы) и определяют их возможные колебания. Затем генерируются случайные сценарии реализации проекта и проводится оценка финансового результата, например для каждого сценария. Итогом моделирования является распределение вероятностей финансовых результатов проекта. Моделирование в отличие от сценарного подхода и анализа чувствительности позволяет проанализировать большое число сценариев при различных сочетаниях параметров проекта и определить экстремальные их сочетания, приводящие к наилучшим и наихудшим результатам.

Аналогично методу анализа чувствительности определяются наиболее вероятные изменение ключевых факторов, их максимальные и минимальные значения, и по исходным данным рассчитаем итоговое значение чистого дисконтированного дохода (NPV). После этого экспертно определяется вероятность наступления данного события (P). Принцип определения NPV для каждого варианта аналогичен методу анализа чувствительности. При этом просто учитывается сочетание нескольких факторов.

Все представленные методы, имея внутренние недостатки, при этом позволяют инвестору более комплексно оценить эффективность и рискованность составленного бизнес-плана инвестиционного проекта.

В целом же включение в бизнес-планы отдельного раздела риск-анализа с использованием нескольких методов оценки проектных рисков сможет наглядно проиллюстрировать проблемы, с которыми, возможно, столкнется инвестор на практическом этапе реализации проекта. А предвидение возможных потерь и факторов риска, подтвержденное соответствующими расчетами, даст всем пользователям и исполнителям бизнес-плана инвестиционного проекта еще один элемент, способствующий достижению конечного успеха – то, для чего данный проект в принципе и разрабатывался.

Л и т е р а т у р а

1. Левкович, А. О. Принятие финансовых решений: теория и практика / А. О. Левкович, А. М. Кунявский, Д. А. Лапченко ; под ред. А. О. Левковича. – М., 2007. – 374 с.
2. Об утверждении Правил по разработке бизнес-планов инвестиционных проектов : постановление М-ва экономики Респ. Беларусь от 31.08.2005 № 158.

**ВНЕДРЕНИЕ БЮРО АУДИТА КАЧЕСТВА
ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ
МАШИНОСТРОЕНИЯ В ОБЛАСТИ КАЧЕСТВА
(НА ПРИМЕРЕ ОАО «ГИДРОПРИВОД»)**

А. Ю. Курачева-Карповская

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

Научный руководитель Н. А. Алексеенко

Аудит качества – систематическая независимая проверка, позволяющая определить соответствие деятельности и результатов в области качества запланированным мероприятиям, а также эффективность реализации мероприятий и их пригодность для достижения поставленных целей. Существует несколько видов аудита качества [1].

Внешний аудит проводится внешними по отношению к предприятию организациями (например, заказчиком продукции, органом сертификации) и предназначен для обеспечения руководства предприятия объективной и своевременной информацией о степени соответствия деятельности в системе качества и ее результатов установленным требованиям. В случае, когда внешний аудит осуществляется заказчиком продукции, он называется аудитом второй стороной. Внешний аудит, проводимый независимой от предприятия и заказчика организацией, называется аудитом третьей стороной. Данный вид аудита используется при сертификации и обеспечивает наибольшую степень подтверждения.

Внутренний аудит системы качества предназначен для обеспечения руководства предприятия объективной и своевременной информацией о степени соответствия деятельности в системе качества и ее результатов установленным требованиям. Главной целью внутреннего аудита следует считать предотвращение снижения результативности и эффективности действующей на предприятии системы качества. Объектами внутреннего аудита системы качества являются ее элементы, опосредованные в деятельности подразделений предприятия при выполнении запланированных мероприятий, т. е. требований документации системы качества [1].

Внутренний аудит системы качества предназначен для регулярной проверки того, насколько деятельность в рамках системы качества и результаты этой деятельности согласуются с запланированными мероприятиями. Внутренний аудит своевременно доводит до сведения руководства предприятия объективную, основанную на фактах, информацию о состоянии системы качества. В этом плане внутренний аудит играет ключевую роль в поддержании системы качества предприятия на требуемом уровне.

Ознакомиться с результатами внутренних аудитов на предприятии ОАО «Гидропривод» по полугодиям 2009–2011 гг. можно с помощью таблицы [2].

Результаты внутренних аудитов в области качества ОАО «Гидропривод», шт.

Показатели	Значения показателей					
	2009 (I)	2009 (II)	2010 (I)	2010 (II)	2011 (I)	2011 (II)
Плановые проверки системы менеджмента качества	19	24	19	19	21	21
Внеплановые проверки продукции	2	3	4	5	3	1
Выявлено несоответствий	52	66	51	38	45	28
Разработано планов корректирующих мероприятий	15	11	10	10	16	16
Проверки качества изготовления и испытания продукции	5	8	5	5	5	5

Согласно таблице на предприятии ОАО «Гидропривод» в ходе внутреннего аудита каждое полугодие 2009–2011 гг. проводилось около двух десятков плановых проверок продукции в цехах, отделах, лабораториях, бюро, складах, участках завода, в ходе которых выявлялись несоответствия, а затем разрабатывались планы корректирующих мероприятий.

Из вышеуказанного количества проверок более 70 % составляли проверки системы менеджмента качества, а оставшуюся часть – проверки качества изготовления и испытания продукции, хотя от качества изготовления и испытания продукции зависят многие показатели качества (уровень брака, показатель потерь от брака, процент сдачи с первого предъявления продукции, количество рекламаций со стороны потребителей, уровень удовлетворенности потребителей продукцией). Исходя из Программ проведения внутренних проверок качества на дальнейшие полугодия, проверки качества изготовления испытания продукции будут составлять не более 40 % из общего количества проверок.

Согласно Руководству по качеству на производство гидравлических узлов для мобильной техники [3] на предприятии РУП «Гидропривод» «проводятся внутренние аудиты качества для установления того, что СМК завода соответствует требованиям СТБ ISO 9001, СТБ ИСО 19011, процессам СМК, выделенным на заводе, и документированным процедурам, внедрена результативно и поддерживается в рабочем состоянии». Данное утверждение указывает на первостепенность проверок системы менеджмента качества, а не проверок качества изготовления и испытания продукции.

Получается, что действующая система проведения внутренних проверок качества на предприятии не всегда позволяет выявить слабые («узкие») места при производстве из-за малого количества проведения проверок качества изготовления и испытания продукции, а также не позволяет разработать предупреждающие действия до того, как потенциальные проблемы отразятся на качестве выпускаемой продукции. Поэтому в дальнейшем необходимо уделять больше внимания проверкам качества изготовления продукции и испытания продукции (проверкам качества процесса).

В случае увеличения проверок качества изготовления и испытания продукции возрастет нагрузка на аудиторов. Зачастую аудиторами выступают уполномоченные представители служб управления качеством, в том числе технические эксперты (конструкторы, метрологи, технологи, инженеры по качеству, инженеры стандартизации и сертификации и др.). Увеличение нагрузки на них может сказаться на выполнении остальных функций работников-аудиторов. Поэтому целесообразно создание отдельного бюро аудита, которое стало бы самостоятельным структурным подразделением на заводе.

Одной из основных задач работников бюро аудита является увеличение количества проводимых проверок качества изготовления и испытания продукции в цехах, что приведет к устранению и предупреждению причин отклонений при повседневном контроле, а именно отклонений по вине исполнителей, вследствие неисправности оборудования, оснастки или инструмента, дефектов деталей других цехов либо сырья поставщиков, несвоевременного проведение измерений, несоответствия технической документации, отклонения заготовки от требований чертежа и прочие.

Одним из основных условий создания бюро аудита является поддержка высшего руководства. Создание данного бюро на предприятии – весьма сложный процесс, требующий решения ряда методологических и организационно-технических вопросов. Необходимо выявление и четкое распределение круга вопросов, для решения которых формируется бюро аудита; интеграция бюро аудита с другими структурными подразделениями предприятия и разработка схем их взаимоотношений и др.

Также очень важно добиться доверия к аудитору и понимания работниками того, что при выявлении несоответствий не преследуется цель наказания, а оказывается помощь в определении причин несоответствий и разработке корректирующих мероприятий по их устранению.

Опыт предприятий, создавших отдельное бюро аудита, позволяет выявить следующие положительные тенденции в случае внедрения бюро аудита качества на заводе:

1. Вследствие появления самостоятельного структурного подразделения бюро аудита функции по планированию и обеспечению проведения внутренних проверок качества, проведения аудита, оформления отчетов и листов несоответствий, регистрации и хранения документов проверки будут сняты с других подразделений, что повысит сосредоточенность работников этих подразделений на выполнении их непосредственных функций. В данном случае на предприятии ОАО «Гидропривод» основными исполнителями вышеизложенных функций являются бюро управления качеством и главный аудитор.

2. Своевременное выполнение корректирующих мероприятий, разработанных в результате проведения внутренних аудитов, повысит результативность процессов и улучшает качество производимой продукции.

3. Периодический контроль поможет систематизировать фиксированный контроль продукции на всех стадиях производства и хранения, а также поможет отладить взаимосвязь между процессами.

4. Систематически проводимый контроль повысит ответственность непосредственных производителей продукции в цехах, а также способствует улучшению культуры производства и условий труда.

Исходя из размеров предприятия и сложности его работы, в состав бюро аудита достаточно войти 3 аудиторам, специализирующимся в области управления: технологией, процессами, производственным оборудованием, качеством продукции, производственной средой и человеческими ресурсами. Большое внимание должно уделяться выбору аудиторов из числа работников предприятия, а также оплате их труда. Поэтому основными затратами при организации и внедрении бюро аудита качества станут затраты на оплату труда аудиторов, а также затраты на решение методологических и организационно-технических вопросов (в том числе разработка документально-нормативной базы бюро аудита и покупка персональных компьютеров и т. д.).

При эффективной работе внедряемого бюро будет получена экономия средств от уменьшения абсолютного размера брака и потерь от брака. По опыту других предприятий (в том числе российских машиностроительных предприятий) вследствие выделения бюро аудита в самостоятельное структурное подразделение происходило улучшение качества продукции в следующих размерах: сокращение потерь от брака и абсолютного значения брака в среднем на 9–10 % и 8,2–9,2 %, соответственно.

Исходя из вышеизложенного, внедрение эффективно функционирующего бюро аудита качества может принести массу положительных результатов для предприятия, в том числе сокращение потерь от брака и снижение абсолютного значения брака.

Литература

1. Энциклопедия производственного менеджера / Аудит качества. – Режим доступа: <http://www.up-pro.ru/encyclopedia/audit-kachestva>. – Дата доступа: 09.03.2014.
2. Отчеты о функционировании системы менеджмента качества на производстве гидравлических узлов для мобильной техники по предприятию ОАО «Гидропривод» 2009–2011 гг.
3. Руководство по качеству на производстве гидравлических узлов для мобильной техники предприятия ОАО «Гидропривод».

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ДЕНЕЖНЫМИ
ПОТОКАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ
(НА ПРИМЕРЕ РУП «ГОМЕЛЬСКИЙ ЗАВОД «ГИДРОПРИВОД»)**

Д. В. Яковлев

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

Научный руководитель Н. П. Драгун

Поток денежных средств – это количество денежных средств, которое получает и выплачивает предприятие в течение отчетного или планового периода.

В любой момент времени фирма может рассматриваться как совокупность капиталов, поступающих из различных источников: от инвесторов, кредиторов, а также доходов, полученных в результате деятельности фирмы. Эти средства направляются на различные цели: приобретение основных средств, создание товарных запасов, формирование дебиторской задолженности и др. [1, с. 332].

Взятый на определенный момент общий капитал фирмы стабилен, затем через какое-то время он изменяется. Движение капитала на предприятии происходит постоянно. Конкуренция между предприятиями требует постоянного приспособления к изменяющимся условиям; технологические усовершенствования, обуславливающие значительные капиталовложения, инфляция, изменение процентных ставок, налоговое законодательство, – все это оказывает большое влияние на движение капитала предприятия. Поэтому необходимо эффективно управлять движением капитала в рамках предприятия.

С движения денежных средств начинается и им заканчивается производственно-коммерческий цикл. Деятельность предприятия, направленная на получение прибыли, требует, чтобы денежные средства переводились в различные активы, которые обращаются в дебиторскую задолженность в процессе реализации продукции. Результаты деятельности считаются достигнутыми, когда процесс инкассирования приносит поток денежных средств, на основе которого начинается новый цикл, обеспечивающий получение прибыли [2, с. 380].

В Беларуси категория «денежные потоки» приобретает важное значение в системе управления финансами хозяйствующих субъектов. Она предоставляет пользователям финансовой отчетности базу для оценки способности предприятия привлекать и использовать денежные средства.

В белорусской практике финансового менеджмента под потоком денежных средств понимается разность между всеми полученными и выплаченными предприятием денежными средствами за определенный период времени, которая затем сопоставляется с прибылью.

Прибыль выступает как показатель эффективности работы предприятия и источник его жизнедеятельности. Рост прибыли создает финансовую основу для самофинансирования деятельности предприятия, для осуществления расширенного воспроизводства и удовлетворения социальных и материальных потребностей. За счет прибыли выполняются обязательства предприятия перед бюджетом, банками и другими организациями.

Различие между суммой полученной прибыли и величиной денежных средств заключается в следующем:

– прибыль отражает учетные денежные и неденежные доходы в течение определенного периода, что не совпадает с реальным поступлением денежных средств; при расчете прибыли расходы на производство продукции признаются после ее реализации, а не в момент их оплаты;

– денежный поток отражает движение денежных средств, которые не учитываются при расчете прибыли: амортизацию, капитальные расходы, налоги, штрафы, долговые выплаты и чистую сумму долга, заемные и авансированные средства.

Доход, который является разницей между объемом продаж и себестоимостью реализованной продукцией, может по-разному влиять на потоки денежных средств. Например, расходы, обусловленные эксплуатацией зданий и оборудования, обычно не связаны с использованием денежных средств, а прибавление сумм амортизации к чистому доходу дает только приблизительный показатель потоков денежных средств.

Общая сумма поступлений денежных средств зависит от способности руководства предприятия привлекать ресурсы. В отношении невложенных денежных средств руководство в момент возврата этих средств вольно направлять их на любые цели, которые оно посчитает наиболее важными [5, с. 56].

Для совершенствования управления денежными потоками я предлагаю следующие мероприятия:

I. Увеличение прибыли предприятия за счет установления скидок на готовую продукцию. Организациям, функционирующим на потребительском рынке, приходится прибегать к различным методам стимулирования продаж. Учитывая особую роль цены как фактора привлечения покупателей, наиболее распространенным методом является снижение цены или предоставление различных ценовых скидок. Установление скидок – мера, направленная на стимулирование сбыта продукции. Цель стимулирования сбыта – избавление от излишних запасов продукции, увеличение объемов реализации, а соответственно, и роста прибыли. Сутью данного мероприятия является установление скидок на готовую продукцию, а именно на гидроклапаны давления. Объектом стимулирования является потребитель. В основном потребителями выпускаемой продукции являются специализированные предприятия, возможна и реализация единичным потребителям. Предполагается за счет снижения цен привлечь большее количество покупателей, которые, возможно, предпочтению отдадут более известным отечественным брендам, но более дорогостоящим.

План действий по применению скидок:

1. Определение целей ценовой политики на период скидок – избавление от излишних запасов продукции, повышение объемов продаж.
2. Определение, на каком уровне нужно установить скидку, чтобы сумма прибыли возросла и объем продаж увеличился.
3. Оценка реальности достижения или удержания данного объема продаж.
4. Установление нового плана продаж, доведение его до персонала и запуск рекламы.

II. Совершенствование системы управления прибылью путем внедрения АСУ «Корпоративные финансы». Основным структурным подразделением, занимающимся управлением прибылью на предприятии, является финансово-экономическая служба, которая в процессе своей деятельности взаимодействует с различными подразделениями предприятия. На предприятии существует линейная департаментация обязанностей. Но на предприятии были выявлены и проблемы управления прибылью. Это такие, как трудности поддержания постоянных взаимосвязей между различными постоянными функциональными службами, длительная процедура принятия решений в управлении прибылью, отсутствие возможности своевременно выявлять отклонения от намеченных планов, отсутствие постоянного контроля, которое приводит к частому нарушению правил, инструкций и т. д., высокая трудоемкость процесса управления и анализа прибыли, подбора покупателей и поставщиков, должников по взаиморасчетам, разработки технологического процесса.

Из-за высокой трудоемкости процесса учета прибыли, которая приводит к увеличению длительности принятия решений, в качестве резерва улучшения учета и управления прибылью предлагается внедрить автоматизированную систему управления «Корпоративные финансы». В настоящее время большинство работ по оформлению документов, контролю и т. д. осуществляется работниками отдела вручную. Это следующие проблемы, присущие большинству предприятий:

- высокие расходы на содержание аппарата финансово-экономической системы;
- длительная процедура принятия решений в управлении прибылью;
- отсутствие возможности своевременно выявить отклонения от намеченных планов;
- значительные задержки в расчетах.

Внедрение «Корпоративные финансы» предоставит возможность увидеть полную финансовую картину вашего предприятия, обеспечить управляемость и прозрачность движения средств.

Продукт позволит решить и автоматизировать такие актуальные задачи финансового управления, как:

- бюджетирование по центрам финансовой ответственности, контроль и анализ исполнения бюджетов;
- формирование управленческой отчетности и аналитических материалов для управления;
- ведение управленческого учета по различным стандартам (МСФО, USGAAP);
- формирование платежного календаря и повышение платежной дисциплины;
- управление себестоимостью;
- финансово-экономический анализ.

Выводы:

Денежные потоки – один из центральных элементов жизнедеятельности любого предприятия. Управление ими является неотъемлемой частью управления всеми финансовыми ресурсами предприятия для обеспечения получения прибыли

Осуществление практически всех видов финансовых операций предприятия генерирует определенное движение денежных средств в форме их поступления или расходования. Это движение денежных средств функционирующего предприятия во времени представляет собой непрерывный процесс и определяется понятием «денежный поток». Денежный поток предприятия представляет собой совокупность распределенных во времени поступлений и выплат денежных средств, генерируемых его хозяйственной деятельностью.

Управление денежными потоками предприятия является важной составной частью общей системы управления его финансовой деятельностью.

Л и т е р а т у р а

1. Жарковская, Е. П. Антикризисное управление / Е. П. Жарковская, Б. Е. Бродский. – М. : Омега-Л, 2004. – 336 с.
2. Ансофф, И. Стратегическое управление / И. Ансофф. – М. : Экономика, 2006. – 519 с.
3. Баканов, М. И. Теория экономического анализа : учебник / М. И. Баканов, А. Д. Шеремет. – М. : Финансы и статистика, 2006.
4. Балабанов, И. Т. Финансовый анализ и планирование хозяйствующего субъекта / И. Т. Балабанов. – М. : Финансы и статистика, 2006.
5. Бондарчук, Н. В. Анализ денежных потоков от текущей, инвестиционной и финансовой деятельности организации / Н. В. Бондарчук // Аудит. ведомости. – 2002. – № 3. – С. 56–61.

ТЕОРИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА: ПЕРИОДИЗАЦИЯ, РАЗВИТИЕ ПРЕДМЕТА ИССЛЕДОВАНИЯ

Т. А. Мельникова

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

Научный руководитель А. М. Бондарева

Человеческий капитал является главной составляющей национального богатства и с изменением величин показателей его оценивающих изменяется величина национального богатства. Таким образом, с увеличением показателей человеческого капитала возрастает и национальное богатство страны. Для осмысления тенденций развития современной белорусской экономики необходимы исследования факторов формирования человеческого капитала.

Идеи о сущности человеческого капитала имеют давние истоки в мировой экономической мысли. Одна из первых ее формулировок дана в «Политической арифметике» родоначальника статистики и предшественника классицизма в экономической теории У. Петти, изданной в 1676 г. Этот знаменитый английский экономист оценил человеческий капитал как составляющую национального богатства дороже, чем овеществленную его часть. Стоимость населения Англии – в 417 млн фунтов стерлингов, а вещественное богатство – в 250 млн фунтов стерлингов. Позднее теория человеческого капитала была развита в «Исследовании и причине богатства народов» А. Смита (1776), «Принципах политической экономии» А. Маршалла (1899), работах многих других ученых. Как самостоятельный раздел экономического анализа теория человеческого капитала оформилась на рубеже 50–60-х гг. XX в. Заслуга ее выдвижения принадлежит известному американскому экономисту, лауреату Нобелевской премии Т. Шульцу, а базовая теоретическая модель была разработана в книге также Нобелевского лауреата Г. Беккера «Человеческий капитал» (1964). Эта работа признана классикой современной экономической мысли. В новейшей истории теории человеческого капитала важное значение имеют тексты Й. Бен-Порэта, М. Блауга, Э. Лэзера, Р. Лэйарда, Дж. Минцера, Дж. Псахаропулоса, Ш. Розена, Ф. Уэлча, Б. Чизуика и др.

Большинство исследователей придерживается условной периодизации генезиса теории человеческого капитала, содержащей три больших этапа, соответствующих этапам развития цивилизации:

Для первого периода характерны структурные изменения в совокупной рабочей силе и проявление интереса исследователей к факторам экономического роста и экономической динамики в целом. Данные изменения – главные поводы к возникновению и развитию теории человеческого капитала. Истоки ее просматриваются в работах У. Петти, А. Смита, Д. Риккардо, К. Маркса, А. Маршалла (XVII–XX вв.).

Для второго периода характерна дальнейшая капитализация отношений, возникновение новых направлений и школ экономической мысли. Отличительные черты его – широкий спектр научных взглядов на природу человека и его производительных способностей. Открытием данного периода является представление о человеке и его способностях как о специфической форме капитала. Следует отметить глубину и подробность работ данного периода. Среди представителей второго периода можно выделить И. Фишера, Л. Вальраса, И. Тюнена, Дж. С. Милля (XIX–XX вв.)

Третий период (XX–XXI вв.) характеризуется таким развитием постиндустриального общества, что «...Личность выступает как самоцель общечеловеческого развития ... является главным орудием прогресса» [2, с. 130]. Постиндустриальному обществу, формирующемуся на этом третьем этапе, соответствует своя форма социальности – свободная индивидуальность.

Само развитие экономики создало предпосылки для формирования концепции человеческого капитала как элемента не только национального богатства, но и «элемента мировой цивилизации» [2, с. 130]. Основные положения современной теории человеческого капитала сформулированы в трудах Герри Беккера (род. 1930 г., Нобелевский лауреат 1992 г.), издавшего в 1964 г. работу «Человеческий капитал». Г. Беккер выделяет в человеческом капитале знания, навыки, мотивацию как аспекты исследования. Делает выводы о том, что увеличение вложений в подготовку будущих специалистов и обучение квалифицированных работников может приносить в будущем не меньше прибыли, чем расходы на машины и оборудование.

Несомненное значение в возможности выработки рекомендаций для проведения экономической политики в области демографии имеет анализ основных положений теории человеческого капитала и расширение, актуализация предмета исследования относительно реалий современной белорусской экономики.

Особое значение имеет анализ действий членов домохозяйств, семей. А именно: анализ причинности того или иного выбора в планировании деторождения (воспроизводство рабочих сил), в занятости женщин детородного возраста в форме найма (или предпочтение занятости женщин как домохозяйек), в получении образования родителями и детьми (выбор формы, продолжительности, качества образования), в перераспределении богатства между поколениями (отчуждение богатства родителей в пользу увеличения человеческого капитала детей) и т. д.

Отдельного исследования заслуживает возрастающая роль женщины-матери в воспроизводстве поколений и принимаемые женщинами решения по деторождению, занятости в общественном производстве, получению образования и желаемой величины дохода, участию в государственном управлении и т. д.

Национальная ориентация как важнейший принцип функционирования национальной экономики подразумевает, в частности, «сбережение населения», по образному выражению А. И. Солженицина, и «...приспособление развития страны к численности населения» [4, с. 5]. Помимо стимулирования рождаемости не менее насущны проблемы трудовой иммиграции и повышенной смертности в молодом возрасте. Основным объектом инвестиций на конкретном данном этапе должна быть профилактическая медицина (в развитых странах такие инвестиции составляют до 40 % инвестиций в здравоохранение). Сохранение здоровья нации для сохранения населения – главный приоритет современного этапа. Особо ценным в этой связи является создание доказательной базы величины ущерба экономике вследствие преждевременной смерти или потери трудоспособности, когда не компенсируются затраты общества на формирование человеческого капитала.

Теория человеческого капитала притягивает исследователей, поскольку несет в себе знание общих закономерностей и характеристик развития важнейшей составляющей национального богатства. В ней нет готовых рецептов обогащения нации, но она определяет пути поиска его. Следует лишь учитывать особенности современного этапа развития национальных экономических систем.

Литература

1. Лавровская, О. Б. Социально значимые и прикладные направления исследований в области человеческого капитала в современной белорусской экономической науке / О. Б. Лавровская. – Режим доступа: <http://media.miu.by>.
2. Нуреев, Р. М. Экономика развития: модели становления и модернизации рыночной экономики / Р. М. Нуреев. – М. : Норма, 2008. – 367 с.
3. Чубрик, А. Отдача на образование и оценка человеческого капитала в Беларуси / А. Чубрик, Г. Шиманович. – Режим доступа: <http://www.research.by>.
4. Шахотько, Л. П. Проблемы демографического развития Республики Беларусь и пути их решения / Л. П. Шахотько // Экономика. Управление. Право. – 2003. – № 2. – С. 3–6.

Секция VI КОРПОРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

АНАЛИЗ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

М. В. Тацевич

Учреждение образования «Белорусский национальный
технический университет», г. Минск

Научный руководитель И. В. Торская

В современных условиях ведение активной инновационной деятельности предприятиями машиностроительного профиля становится основой для их успешного функционирования, а именно, устойчивого развития, повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции, завоевания новых рынков, повышения имиджа предприятия.

Перспективный план социально-экономического развития нашего государства предлагает широкий ряд мероприятий по развитию инновационной среды, созданию инновационных предприятий, расширению инновационной деятельности системы науки и образования. В настоящее время реализуется государственная программа инновационного развития Республики Беларусь на 2011–2015 гг., включающая такие направления, как модернизация предприятий, технологическое переоснащение производств для освоения и выпуска новой продукции. Принимаются нормативные правовые акты, касающиеся научно-технической и инновационной деятельности промышленных предприятий. Однако проблема развития инновационной деятельности связана сегодня с весьма трудным экономическим положением промышленных предприятий.

Проанализируем показатели инновационной деятельности предприятий машиностроительной отрасли Республики Беларусь, сформировав табл. 1 с использованием данных официальной статистики [1].

Таблица 1

Динамика основных показателей инновационной деятельности машиностроительных предприятий за 2011–2012 гг.

Показатель	2011	2012	Темп роста, %
<i>Соотношение затрат на инновации и объема инновационной продукции</i>			
Обрабатывающая промышленность всего, в том числе:	0,225	0,095	42,2
– производство машин и оборудования	0,156	0,063	40,4
– производство транспортных средств и оборудования	0,039	0,107	274,4
<i>Доля отгруженной инновационной продукции в объеме отгруженной продукции собственного производства, %</i>			
Обрабатывающая промышленность всего, в том числе:	16,3	20,0	122,7
– производство машин и оборудования	37,6	42,5	113,0
– производство транспортных средств и оборудования	45,1	35,4	78,5

Окончание табл. 1

Показатель	2011	2012	Темп роста, %
<i>Доля организаций, осуществляющих затраты на технологические инновации, %</i>			
Обрабатывающая промышленность всего, в том числе:	93,5	91,8	98,2
– производство машин и оборудования	96,7	97,8	101,1
– производство транспортных средств и оборудования	100,0	95,2	95,2
<i>Доля инновационной продукции, отгруженной за пределы Республики Беларусь, в объеме отгруженной инновационной продукции, %</i>			
Обрабатывающая промышленность всего, в том числе:	62,3	64,5	103,5
– производство машин и оборудования	68,9	77,0	111,8
– производство транспортных средств и оборудования	76,3	61,5	80,6
<i>Доля новой продукции для мирового рынка в объеме отгруженной инновационной продукции, %</i>			
Обрабатывающая промышленность всего, в том числе:	1,1	0,7	63,6
– производство машин и оборудования	0,2	0,1	50
– производство транспортных средств и оборудования	1,3	0,1	7,7

Отметим, что большинство данных показателей имеют положительную динамику. Доля машиностроительных предприятий, осуществляющих затраты на технологические инновации, превышает среднюю долю всех предприятий обрабатывающей промышленности. Доля отгруженной инновационной продукции достаточно высока, при этом значение показателя для предприятий рассматриваемой отрасли в 1,5–2 раза превышает уровень, характерный в целом для обрабатывающей промышленности. Соотношение затрат на инновации и объема инновационной продукции позволяет судить об эффективности вложений. Так, за исследуемый период это соотношение для предприятий по производству машин и оборудования снизилось с 0,156 до 0,063, т. е. темпы роста объемов инновационной продукции опережают темпы роста затрат на инновации, что можно объяснить существенным влиянием ценового фактора. Более 60 % отгруженной инновационной продукции идет на экспорт. Однако доля новой продукции для мирового рынка значительно сократилась, не достигнув даже 1 %.

Анализируя полученные данные, можно отметить, что предприятия по производству машин, оборудования, транспортных средств имеют более высокие результаты по сравнению с обрабатывающей промышленностью в целом. Однако нехватка собственных оборотных средств, низкий платежеспособный спрос на новые продукты, высокие риск и стоимость инноваций выступают все еще как одни из основных факторов снижения инновационной активности.

Сегодня важным становится обеспечение правильного, эффективного управления инновационной деятельностью, тесно связанного с величиной и структурой инновационного потенциала. В настоящий момент не существует единой общепринятой методики его оценки для предприятий. Однако из всего множества методик можно выделить две основные группы: ресурсные и структурные.

Методики первой группы ориентированы на оценку достаточности какого-то определенного ресурса для осуществления инновационной деятельности (как пра-

вило, это оценка финансовых источников или технико-технологических ресурсов). Однако это не позволяет учесть вклад прочих видов ресурсов, которые могут способствовать повышению инновационного потенциала предприятия.

Методики структурной группы предполагают расчет показателей, которые характеризуют различные составляющие инновационного потенциала предприятия и отражают специфические особенности его функционирования.

Представляется, что при оценке инновационного потенциала промышленного предприятия необходимо руководствоваться методикой, которая будет включать показатели, присущие как ресурсной, так и структурной группам, поэтому предлагается комплексная методика, в основу которой положены подходы Т. А. Шаповаловой [2], Т. В. Колосовой [3] и др. При этом рассматриваются как общеизвестные показатели, характеризующие хозяйственную деятельность субъекта, так и специфические. Набор и количество показателей зависят от глубины анализа составляющих инновационного потенциала. Рекомендуется анализировать деятельность предприятия по таким составляющим, как производственно-технологическая, кадровая, финансовая, организационная, научно-техническая, информационная и др. При этом число анализируемых показателей должно быть необходимым и достаточным. Для выявления перечня показателей, которые необходимо включать в оценку инновационного потенциала, были выявлены корреляционные зависимости между локальными показателями, характеризующими инновационную деятельность промышленных предприятий, и таким обобщающим показателем производственно-хозяйственной деятельности, как рентабельность продаж в промышленности за период 2005–2012 гг. Результаты расчетов отражены в табл. 2.

Таблица 2

Коэффициенты парной корреляции между показателями

Обобщающий показатель, характеризующий эффективность производственно-хозяйственной деятельности	Локальные показатели, характеризующие инновационную деятельность промышленных предприятий				
	Доля внутренних затрат на научные исследования и разработки	Доля отгруженной инновационной продукции от общего объема отгруженной продукции	Доля отгруженной инновационной продукции, новой для внутреннего рынка	Доля отгруженной инновационной продукции, новой для мирового рынка	Удельный вес экспорта в общем объеме отгруженной инновационной продукции
Рентабельность продаж, %	-0,57	0,58	0,13	0,49	0,54

Полученные результаты показывают, что наибольшее влияние из представленных факторных признаков на рентабельность продаж оказывают такие показатели, как доля отгруженной инновационной продукции, удельный вес экспорта в общем объеме отгруженной инновационной продукции и доля отгруженных новых для мирового рынка инноваций. Следовательно, данные показатели обязательно нужно учитывать при оценке и анализе инновационного потенциала предприятия. Обращает на себя внимание обратный характер зависимости рентабельности продаж и доли внутренних затрат на научные исследования и разработки.

По предлагаемой методике была проведена оценка инновационного потенциала ОАО «Амкорд» за период 2011–2012 гг. На предприятии идет непрерывный про-

цесс обновления ассортимента выпускаемой продукции, проектирования новых видов машин. Делается ставка на наукоемкое производство, высокие технологии, создание высокопроизводительных рабочих мест для молодых специалистов, что позволяет планировать освоение производством новой продукции в общем объеме производства ежегодно более 50 %. В 2012 г. по всем показателям инновационного развития предприятие нарастило обороты, увеличило долю затрат на технологические инновации, что обусловлено инновационной стратегией в развитии предприятия. Однако имеются и резервы по наращиванию инновационного потенциала, главным образом это связано с дальнейшим проведением технического перевооружения и модернизации устаревшего оборудования.

Таким образом, оценка инновационного потенциала машиностроительного предприятия показывает уровень его способности осуществлять инновационную деятельность, возможные направления и пути наращивания потенциала, что, в свою очередь, определяет будущие перспективы успешной деятельности предприятия.

Литература

1. Наука и инновационная деятельность в Республике Беларусь : стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, Информ.-вычисл. центр Белстата ; редкол.: В. И. Зиновский (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2013. – 147 с.
2. Шаповалова, Т. А. Оценка инновационного потенциала организации и пути повышения эффективности его использования : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Т. А. Шаповалова. – Белгород, 2010. – 213 с.
3. Колосова, Т. В. Управление инновационным развитием предприятия и проблемы конкурентоспособности / Т. В. Колосова. – 2014. – Режим доступа: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=3074>. – Дата доступа: 01.04.2014.

НЕОБХОДИМОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

М. В. Довгялло

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

Научный руководитель Н. П. Драгун

Жесткая конкуренция за рынки сбыта диктует необходимость выпуска инновационной, наукоемкой, ресурсо- и энергосберегающей продукции, сокращения сроков ее разработки, быстрого расширения и обновления номенклатурного ряда, своевременного и качественного сервисного обслуживания и снижения издержек. Решение поставленных задач невозможно без использования современных информационных технологий: от моделирования изделий (CALS-технологии) до комплексного эффективного управления ресурсами предприятий (ERP-технологии). Эти технологии уже стали неотъемлемой компонентой предприятий всех развитых и динамично развивающихся экономик и целью их промышленной политики.

Увеличение количества участников проекта по разработке изделия приводит к возникновению серьезных проблем при обмене информацией между ними из-за наличия коммуникационных барьеров (например, из-за несовместимости компьютерных систем).

По мере роста сложности процессов, изделий и услуг появлялись трудности с информационным обеспечением управления. В связи с этим поэтапно возникли: MRP (Material Requirements Planning), MRP II (Manufacturing Resource Planning), ERP (Enterprise Resource Planning). Учитывая огромное разнообразие подходов к модели-

рованию процессов, Департамент обороны США в 80-х гг. прошлого века создал единую технологию информационных связей, получившую название «CALS-технологии». Тогда эта аббревиатура расшифровывалась как «компьютерная поддержка логистических систем» (Computer-Aided of Logistics Support). Позже было принято название «непрерывная информационная поддержка жизненного цикла продукции» (Computer Acquisition and Lifecycle Support). Сегодня CALS-технологии представляют собой современную организацию процессов разработки, производства, послепродажного сервиса, эксплуатации изделий путем информационной поддержки процессов их жизненного цикла на основе стандартизации методов представления данных на каждой его стадии и безбумажного электронного обмена данными [1].

Республика Беларусь подключилась к разработке CALS-технологий в 2005 г. Приказом председателя Государственного комитета по науке и технологиям от 23.05.06 г. № 112 была учреждена Государственная научно-техническая программа «CALS-технологии». В дальнейшем Государственная научно-техническая программа «CALS-ERP-технологии» на 2011–2015 гг. и на период до 2020 г. была утверждена в постановлении Совета Министров Республики Беларусь от 01.02.2011 г. № 116 [2].

Основными целями программы являются:

- разработка и освоение CALS-ERP-технологий;
- разработка, адаптация и внедрение на предприятиях информационных комплексов программных, методических, организационных и нормативных средств поддержки жизненного цикла выпускаемой продукции.

Также внедрение информационных ERP-систем, направленных на управление ресурсами предприятий, CALS-технологий и интегрированных информационных систем и технологий, нашло свое отражение в Стратегии технологического развития Республики Беларусь на период до 2015 г., утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 1420 от 01.10.2010.

Цель CALS – построение интегрированной системы управления ЖЦ изделия, объединяющей посредством интегрированной информационной среды (ИИС) прикладные автоматизированные системы: CAE/CAD/CAM, PDM, MRP/ERP и др.

Технология информационной поддержки жизненного цикла изделия включает: разработку концептуальной модели, формирование технического задания, разработку эскизного проекта, разработку технического проекта, разработку рабочей документации, разработку технологической документации, изготовление опытных образцов, подготовку производства, изготовление и контроль качества, эксплуатацию, ремонт, информацию о потребностях рынка и результаты анализа [3].

В связи с тем что CALS-технологии являются дорогостоящими, их применение оправдано в первую очередь для сложных наукоемких производств. Нами в качестве примере исследована целесообразность развития таких технологий и на предприятии ОАО «Гомельский завод «Гидропривод», выпускающем гидроприводы и гидрооборудование для тракторной промышленности. В условиях значительного увеличения конкуренции среди производителей аналогичной продукции для Гомельского завода «Гидропривод» на первый план выдвигаются задачи повышения качества и поддержания ценовой конкурентоспособности выпускаемой продукции. Реализация поставленных задач связана с необходимостью снижения затрат на документооборот.

Отмечается, что в режиме бумажного документооборота продолжительность процесса, например, постановки нового изделия на производство, только на 20 % состоит из «творческого» времени, затрачиваемого на разработку решений и их оформление в виде документов, а 80 % времени уходит на делопроизводственные операции: печать документов, транспортировку, проверки, согласования, утвержде-

ния, регистрацию. Именно в рационализации делопроизводственных операций кроется большой резерв экономии времени.

Переход от бумажных технологий обмена информацией к совместному использованию электронных документов приводит к изменению организации процессов и их усовершенствованию [3].

Проект модернизации информационной системы является составной частью модернизации ОАО «Гомельский завод «Гидропривод», направленной на повышение качества проектирования и технологических процессов, сокращение сроков постановки на производство новых изделий, создание условий для интеграции технологии с западными промышленными партнерами. Система трехмерного компьютерного проектирования в ОАО «Гомельский завод «Гидропривод» позволит провести выполнение прочностного анализа на основе метода конечных элементов, что, в свою очередь, приводит к сокращению сроков подготовки производства.

Широкое внедрение информационных технологий в ОАО «Гомельский завод «Гидропривод» позволит в системе автоматизированного проектирования увеличить количество автоматизированных рабочих мест высокого уровня трехмерного проектирования «Юниграфикс», АРМ среднего уровня 2-мерного проектирования «Солидэджд» с лицензированными программными материалами, а также системами «AutoCAD», не требующими поддержки программных материалов. Кроме того, аналогичными системами необходимо оснастить службы главного технолога, главного сварщика и металлурга. Процесс разработки изделия и подготовки его производства в ОАО «Гомельский завод «Гидропривод» достаточно сложный процесс. Если рассматривать его упрощенно, то 9 лет представляют собой в среднем 3 цикла, состоящих из разработки, изготовления опытных образцов, проведения испытаний, исправления ошибок, проектирования оснастки, ее изготовления, внесения изменений. Использование компьютерных средств позволит повысить качество проектирования, глубину проработки конструкции, что позволяет сократить число циклов как минимум до 2. Запуск серийного производства раньше на 2,5 года дает экономический эффект, который выражается десятками миллионов долларов.

Комплекс средств инженерного анализа позволит проводить на компьютере виртуальные испытания, при которых имитируется работа компьютерной системы при реальных нагрузках. Для проведения одного цикла натурных испытаний необходимо изготовить 3 опытных образца. Стоимость одного образца в 3 раза выше стоимости серийного изделия. Если стоимость равна \$1 млн, то только на изготовление опытных образцов компьютерной системы новой модели затрачивается \$3 млн. Проведение компьютерных испытаний позволяет сократить число необходимых опытных образцов с 3 до 1 шт. Огромная финансовая экономия только на одном этом факторе – сокращение количества опытных образцов по одной модели дает экономию \$2 млн.

Принципиальным условием при переходе к CALS-технологии является то, что на первое место при компьютеризации ставится задача реорганизации как производственных процессов, так и деятельности предприятия в целом с целью повышения его конкурентоспособности. Освоение новой продукции на базе CALS-технологии дает экономический эффект благодаря переходу на качественно новый уровень представления информации об изделии, основным принципом которого является одноразовое создание данных и их многократное использование.

Исходя из этого, применение на предприятиях промышленности Республики Беларусь CALS-технологий является не просто актуальным, но и необходимым. Если белорусским производителям в ближайшее время не удастся решить проблему

эффективного использования CALS-технологий как средства повышения конкурентоспособности наукоемкой продукции, то это будет иметь негативные последствия для экономической и оборонной безопасности страны [1]. Поскольку зарубежные фирмы создают ограничения для доступа на рынок продукции, не соответствующей стандартам CALS-технологий, то отечественные предприятия не смогут взаимодействовать на одном информационном языке с зарубежными партнерами, проиграют в конкуренции по качеству, скорости поставок, стоимостным и другим показателям. При этом необходимо учитывать, что даже при всемерной поддержке путь от осознания необходимости применения CALS-технологий до получения реальных результатов занимает 5–7 лет, а задержка с их внедрением может привести к потере внешнего рынка.

Л и т е р а т у р а

1. Новая форма управления производством / С. Абламейко [и др.] // Науч.-практ. журн. «Наука и инновации». – 2011. – Режим доступа: <http://www.innosfera.org/node/20>. – Дата доступа: 18.03.2014.
2. Об утверждении перечней научно-технических программ на 2011–2015 годы и на период до 2020 года: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 01 февр. 2011 г., № 116 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2011. – № 5/33254.
3. Гривачевский, А. Г. Опыт освоения информационных систем и технологий на предприятиях Министерства промышленности / А. Г. Гривачевский // Конференция-выставка «Информационные технологии в промышленности «ПромИТ'2011». – 2011. – Режим доступа: <http://www.promit.by/programm.html>. – Дата доступа: 20.03.2014.

СУЩНОСТЬ И ПОТЕНЦИАЛ ПРОДВИЖЕНИЯ ТОВАРОВ И УСЛУГ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

Я. В. Яшин

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

Научный руководитель В. В. Клейман

Сейчас в мире трудно встретить человека, который не слышал бы о социальных сетях. Многие люди, имеющие доступ в сеть интернет, уделяют немало времени общению в Facebook, просмотру фотографий в Instagram, высказыванием мыслей в Twitter, а также пребыванию в других соцсетях. Сегодня нет нужды пользоваться электронной почтой, поскольку можно легко выйти на связь с любым человеком через соцсети. Сегодня термины «лайк», «репост» и «френдинг» пополняют серьезные толковые словари, поскольку соцсети формируют у людей новую культуру общения. Социальные сети ворвались в жизнь интернет-пользователей в 2004 г., когда начали набирать популярность такие порталы, как Facebook и Myspace. С течением времени крупные порталы продолжили набирать популярность, а интернет стал наполняться сервисами с оригинальной социальной идеей. Так появились Twitter, Google+ и другие подобные проекты. Постепенно пик наращивания прошел, поскольку рынок соцсетей оказался перегружен. Но даже сейчас англоязычная версия энциклопедии «Википедия» насчитывает свыше 800 статей, касающихся категории социальных сетей. Это хорошо иллюстрирует степень развития данного явления на сегодняшний день.

Крайне сложно дать объективное определение термину «социальная сеть», поскольку это явление можно рассматривать с разных ракурсов. Если смотреть на этот вопрос с точки зрения веб-технологий, то социальную сеть можно охарактеризовать как набор программных разработок, формирующих цельную и функциональную платформу с пользовательским интерфейсом. В то же время с точки зрения социоло-

гии социальная сеть – это совокупность социальных акторов, сгруппированных на основе сходства занимаемых позиций, связей и по типу ресурсов, циркулирующих между данными позициями. Что же касается общепринятого определения термина «социальная сеть», то логичнее всего объяснить это явление следующим образом: *социальная сеть* (от англ. *social networking service*) – платформа, онлайн-сервис или веб-сайт, предназначенные для построения, отражения и организации социальных взаимоотношений, визуализацией которых являются социальные графы. Соответственно, социальный граф – это граф, узлы которого представлены социальными объектами, такими как пользовательские профили с атрибутами, сообщества, медиа-контент и т. д., а ребра – социальными связями между ними.

Таким образом, соцсеть представляет собой сложную структуру, которая в теории может быть ограничена лишь количеством пользователей. При этом важным аспектом социальной сети является качественная характеристика связей (ребер) между объектами. По силе соединения можно выделить три типа связей: сильные, средние и слабые. Сильные связи говорят о ярко выраженных близких контактах с объектом со стабильной обратной связью (близкие друзья, родственники, деловые партнеры), слабые – о формальной связи с практически отсутствующим откликом (незнакомые или малознакомые люди). Плюс соцсетей заключается в том, что информация может передаваться по любым ребрам. То есть принимать, обрабатывать и распространять информацию может абсолютно любой человек из списка контактов.

Для выявления важности социальных сетей можно прибегнуть к некоторым нашумевшим фактам, выявленным социологами в 2012–2013 гг.: ежедневно в Facebook 4,5 млн человек получают приглашение на какое-либо мероприятие; ежеминутно 100000 человек становятся друзьями в Facebook; количество поисковых запросов в Google превышает один миллиард в день; в мире насчитывается около 200000000 блогов; 80 % людей доверяют мнению своих онлайн-друзей больше, чем своих реальных товарищей; более 90 % людей, родившихся в новом веке, имеют аккаунты в различных социальных сетях; у 24 из 25 крупнейших мировых газет упали тиражи из-за того, что новости начали приходить к людям по иным каналам, в частности – через социальные сети; для поиска работников четыре из пяти компаний уже используют социальные сети; около трети блоггеров регулярно публикуют свое мнение о крупнейших торговых марках и брендах;

Не менее интересно обстоит дело и с взаимодействием пользователей рунета с социальными сетями. Так, в 2012 г. агентство Ingate провело исследование в данной области и выявило ряд достаточно интересных фактов. Вот некоторые из них: Россия входит в первую шестерку стран с самым большим количеством пользователей соцсетей – 57,9 млн человек; социальными сетями пользуется 99,7 % среднесуточной аудитории рунета, или 38 млн человек; 89 % пользователей рунета зарегистрированы в двух и более социальных сетях; около 40 % трафика приходят в российские социальные сети из иностранных государств; 84 % пользователей социальных сетей подписаны на страницы брендов.

Все эти данные наглядно демонстрируют тот факт, что социальные сети превращаются в идеальную информационную среду для продвижения и сбыта различных товаров и услуг. Более того, уже сейчас можно спрогнозировать такую ситуацию, когда предприятия будут рассматривать маркетинговую деятельность в соцсетях не как опцию, а как средство существования. Ведь даже самые крупные корпорации, которые не испытывают необходимости в выявлении потребностей клиентов, поскольку обладают возможностью формировать их, не могут в полной мере влиять на предпочтения каждого индивида в интернете через классические ме-

тоды. Поэтому единственное, что они могут сделать в целях влияния на потребителей, проводящих много времени в социальных сетях, – это последовать за ними вслед.

Что же представляет собой продвижения товаров и услуг в социальных сетях? В английской терминологии для этого существует понятие SMM – *Social Media Marketing* – процесс привлечения трафика или внимания к бренду или продукту через социальные платформы, выражающийся в реализации комплекса мероприятий по использованию социальных медиа в качестве каналов связи с клиентами или потребителями. Основная цель SMM заключается в продвижении компании, товара или услуги и решения других бизнес-задач. Такая цель может реализовываться посредством таких задач, как мониторинг соцсетей, продвижение в соцсетях, управление репутацией в соцсетях и клиентская поддержка в соцсетях. Методов решения данных задач существует достаточно много, и каждый из них оснащен отдельным набором инструментов. Самые популярные методы – построение сообществ бренда; работа с блогосферой; репутационный менеджмент и нестандартное SMM-продвижение.

При этом сила воздействия на клиентов в социальных сетях может сильно варьироваться. SMM может базироваться на формировании контента, который люди будут распространять самостоятельно, без участия создателя. Тогда в ход вступает такой аспект, как «сарафанное радио». Считается, что сообщения, передаваемые от пользователей к пользователям по соцсетям, вызывает больше доверия за счет рекомендательной схемы распространения. Причем для реализации такой схемы предприятия могут выбирать социальные площадки и способы коммуникации, оказывающие наибольший эффект на аудиторию. Кроме того, такие меры отличаются низкими затратами, поскольку единственной статьей расходов здесь выступает создание контента и формирование мер поощрения его распространения.

Еще один важный нюанс SMM – тесная взаимосвязь с направлениями цифрового маркетинга SMO и SEO. SMO (от англ. *social media optimization*) – оптимизация сайта под социальные сети – комплекс мер, направленных на привлечение на сайт посетителей из социальных медиа: блогов, социальных сетей и т. д. Пять основных правил SMO выглядят так: 1) повышение ссылочной популярности; 2) упрощение перевода контента с сайта в социальные сети, блоги, RSS-ленты и т. д.; 3) привлечение входящих ссылок, поощрение пользователей, которые занимаются этим; 4) обеспечение экспорта и распространения контента с ссылками на источник; 5) поощрение сервисов и порталов, использующих контент, – *mashup*'ов.

SEO (от англ. *search engine optimization*) – поисковая оптимизация – комплекс мер для поднятия позиций сайта в результатах выдачи поисковых систем по определенным запросам пользователей с целью продвижения сайта. Обычно чем выше позиция сайта в результатах поиска, тем больше заинтересованных посетителей переходит на него с поисковых систем. В наиболее простой форме SEO заключается в следующем алгоритме: 1) внутренняя оптимизация сайта; 2) покупка внешних ссылок с ресурсов, обладающих высокими показателями PR и ТИЦ (тематический индекс цитирования); 3) мониторинг статистики. SEO-оптимизация подразделяется на белую, серую и черную оптимизацию в зависимости от степени использования методов, противоречащих правилам поисковых систем. Наличие таких факторов, как неуникальный контент или мошеннические технологии, могут негативно сказаться на популярности сайта.

На данный момент продвижением товаров в соцсетях занимаются не только молодые и небольшие компании, но и настоящие гиганты рынков. Coca-Cola, IBM, Adidas, Samsung, Apple, Audi – лишь малая часть тех корпораций, которые уже давно внедрили в маркетинговую деятельность SMM. Это же касается и российского рын-

ка, в котором данное ответвление также активно развивается. Это можно подтвердить результатами российского исследования Digital People–2014: к 2014 г. лишь в 5 % предприятий отсутствует и не планируется к внедрению должность SMM-специалиста; в 2013 г. 60 % компаний выходило на кадровый рынок в целях поиска специалистов в области SMM; более 70 % предприятий планирует осуществлять конкурсы в соцсетях для привлечения внимания к бренду; 44 % предприятий планирует увеличить расходы на SMM в 2014 г.; 76 % предприятий признались, что маркетинг и управление имиджем в соцсетях – это полноценные стратегические функции на 2014 г.

Что же касается белорусского рынка SMM, то тут можно выявить хорошо заметную недоразвитость. Лишь немногие предприятия занимаются продвижением товаров в социальных сетях. Основная масса компаний игнорирует возможности внедрения SMM в свою маркетинговую деятельность. Причиной этому служит даже не столько нежелание пробовать свои силы на данном рынке, сколько обычное незнание ситуации. Если в России или на Западе уже давно сформировалась полноценная отрасль услуг SMM и заказчики самостоятельно приходят в SMM-агентства, то в Беларуси данный вид продвижения является услугой пассивного спроса. То есть сами агентства вынуждены искать клиентов и объяснять им с нуля суть и достоинства продвижения в социальных сетях.

Литература

1. Крупнейшая интернет-энциклопедия «Википедия». – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki>. – Дата доступа: 20.03.2014.
2. Информационное издание о рекламе и креативе Adme.ru. – Режим доступа: <http://www.adme.ru>. – Дата доступа: 20.03.2014.
3. Серия книг «Спроси Ingate» // 75 фактов об интернет-маркетинге. – Маркетинговое агентство «Ingate», 2013. – 88 с.

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ СКЛАДСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ ПРИ ХРАНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ КАТЕГОРИЙ ТОВАРОВ

А. А. Марсова

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

Научный руководитель М. В. Голуб

Современное понимание логистики предполагает довольно широкую трактовку: под логистикой понимают планирование, организацию и контроль всех видов деятельности по перемещению и складированию, обеспечивающих прохождение материального и связанного с ним информационного потоков от пункта закупки сырья до пункта конечного потребления. При этом основная цель логистики заключается в том, чтобы нужный продукт необходимого качества был доставлен потребителю в необходимом количестве, в нужное время и в нужное место от надежного поставщика с хорошим уровнем обслуживания и при заданном уровне общих затрат [3, с. 47].

В настоящее время все большее развитие приобретают логистические системы как микро-, так и макроуровня. Эти системы включают в себя различные процессы, одним из которых является хранение товаров на складе. Правильная организация данного процесса позволяет в полной мере сохранить потребительские качества товара, а также сократить затраты на его хранение. Однако при осуществлении складской деятельности каждое предприятие, каждый логистический центр должны учи-

тывать особенности различных видов продукции. Ведь для того чтобы сохранить все свойства товара, необходимо создать соответствующие условия хранения, которые ему требуются. Следовательно, менеджерам складов в первую очередь необходимо произвести анализ производимой (поступающей) продукции, а затем формировать складские помещения и соответствующие условия. Рассмотрим требования при хранении основных категорий товаров, которые должны быть учтены при организации складских помещений [1], [4].

Хранение продовольственных товаров. Основная задача при хранении продовольственных товаров – сохранить их без потерь при минимальных затратах труда и материальных средств. Процессы, происходящие в продовольственных товарах при хранении, могут быть химическими, физическими и биохимическими. Поэтому при хранении продовольственных товаров нужно соблюдать санитарный режим, проверять продукты на зараженность вредителями, проводить дезинфекцию складских помещений.

Продовольственные товары имеют разный срок хранения, который может измеряться часами, месяцами и годами. Режим хранения продовольственных товаров зависит от их состава и свойств.

Рассмотрим влияние ряда факторов, которые влияют на изменение качества пищевых продуктов.

Большинство продовольственных товаров для сохранения качества хранят при пониженных температурах. С понижением температуры замедляются биохимические и химические процессы, не развиваются микроорганизмы и вредители, снижаются также высыхание продуктов и убыль их массы.

Оптимальная температура для товаров различной природы неодинакова. Так, для вин она должна быть в пределах 10–12 °С, для сыра от 0 до 8 °С, для картофеля от 2,5 до 4 °С. Температура хранения должна быть постоянной без резких перепадов, при которых может происходить конденсация влаги на продуктах и, как следствие, их плесневение.

Влажность воздуха оказывает большое влияние на влажность продукта при хранении. При высокой влажности ускоряются биохимические и химические процессы, развиваются микроорганизмы. Для сохранения таких гигроскопичных продуктов, как сахар, мука, кондитерские изделия, нужно поддерживать оптимальную относительную влажность на уровне 60–75 %. При относительной влажности воздуха 85–95 % могут хорошо храниться свежие плоды, овощи, мясо, сыры.

Состав воздуха влияет на сохранность продуктов. Углекислый газ губительно действует на микроорганизмы, не поддерживает процессы окисления, кислород же является сильным окислителем. Изменяя состав воздуха, можно удлинить сроки хранения отдельных товаров. На качество товаров при хранении влияет чистота воздуха, содержание посторонних запахов. Вентиляция воздуха необходима для удаления лишней водяных паров и газов.

Освещение в помещениях, где хранятся продукты, неодинаково влияет на их качество. Такие продукты, как мясо, молоко, овощи, вина, лучше хранить в темноте, так как на свету разрушаются многие витамины, быстрее прогорают жиры. В некоторых случаях свет играет положительную роль, лучше обеспечивается санитарное состояние помещений, замедляется развитие микроорганизмов.

При хранении продуктов следует учитывать их индивидуальные особенности: гигроскопичность, восприимчивость посторонних запахов. Продукты, обладающие сильным запахом, нельзя хранить с продуктами, воспринимающими запах. Нельзя хранить сухие продукты с продуктами, содержащими много влаги, так как первые будут увлажняться и плесневеть, а вторые – чрезмерно высыхать. В холодильных

камерах нужно хранить вместе товары, требующие одинакового температурного режима и относительной влажности.

Тара и упаковка предохраняют товар от повреждения, порчи, потери веса, защищают от повышенной или пониженной температуры, от света, влажности, посторонних запахов и т. д. Тара должна быть удобной при транспортировании и хранении; материалы упаковочные должны быть легкими, не гигроскопичными, сухими, экономичными.

Хранение мебели. Мебель хранят в распакованном виде в сухих проветриваемых помещениях, защищая от прямых солнечных лучей, увлажнения, загрязнения, при температуре 18–20 °С, но не ниже 2 °С, и относительной влажности от 45 до 70 %. Мебель при хранении следует отдалять от источников тепла не менее чем на 50 см, проходы должны быть шириной не менее 1 м.

Хранение косметических товаров. Косметически товары хранят при температуре от 0 до +25 °С в хорошо проветриваемых крытых складских помещениях. Температуру до –20 °С выдерживают шампуни на основе ПАВ и косметические средства, в состав которых входит спирт. Относительная влажность воздуха должна быть около 70 %. Большое значение для парфюмерно-косметических товаров имеет срок годности, исчисляемый с даты изготовления.

Хранение изделий из пластмасс. Хранить изделия из пластмасс нужно в сухих помещениях, на расстоянии не менее 1 м от нагревательных приборов, защищая от прямых солнечных лучей, при температуре 10–12 °С и относительной влажности воздуха 60–65 %. При хранении изделий из пластмасс в сырых помещениях возможно потускнение поверхности. При повышенной температуре ускоряется процесс старения пластмасс.

Хранение товаров бытовой химии. Товары бытовой химии хранят в помещениях с хорошей вентиляцией и безопасных в пожарном отношении, соблюдая товарное соседство. Товары бытовой химии защищают от прямых солнечных лучей и тепла отопительных приборов. Ядохимикаты хранят отдельно. Товары бытовой химии хранят при температуре не ниже 0 и не выше 15 °С.

Хранение лесоматериалов. Лесоматериалы хранят на открытых площадках или под навесом. Фанеру укладывают плашмя, а столярные изделия – вертикально. Круглый лес укладывают в штабеля, комлями и вершинами в разные стороны. Торцы круглого леса для предохранения от растрескивания покрывают смесью гашеной извести со смолистыми веществами.

Хранение стекла. На ящиках со стеклом наклеивают этикетку с указанием наименования изделия, завода-изготовителя, размера, количества и сорта. На крышке ящика ставят надписи: «Верх», «Осторожно», «Стекло», «Плашмя не класть». Ящики с листовым стеклом при транспортировке устанавливают вертикально торцовой стороной по направлению движения транспорта.

Хранение тканей и одежды. Изделия хранятся в складских помещениях при температуре не ниже 10 и не выше 30 °С, относительной влажности воздуха 50–70 % и должны быть защищены от прямого попадания солнечных лучей. Хранение материала до разбраковки и после различное. До разбраковки материал в кипах или кусках хранят штабелями. С целью сокращения производственной площади в проходах между рядами штабелей возможно поштучное хранение кип в передвижных стеллажах. Для хранения кусков неразбракованной ткани используют стеллажи-полки и стеллажи-клетки с ручным обслуживанием. Размеры стеллажей соответствуют габаритам кусков ткани с учетом необходимых зазоров для изъятия куска и припусков по глубине величиной 2–3 см для предохранения ткани от загрязнения и для безо-

пасности прохода между стеллажами. В нижних ярусах хранят тяжелые ткани, в верхних – более легкие. Изделия, транспортируемые на кронштейнах в подвешенном состоянии, транспортируются в потребительской таре. Изделия, имеющие индивидуальную и групповую упаковку, должны храниться до реализации в упакованном виде.

В настоящее время склад из традиционно второстепенного превратился в ключевое звено, способное как увеличить прибыль, так и свести на нет все достижения успешного предприятия. Экономистами подсчитано, что при хорошо развитом производстве одинаковый объем вложений в основной бизнес предприятия и в склад дает ощутимо большую отдачу при инвестировании в складское хозяйство, которое, как правило, имеет значительные резервы повышения эффективности [2, с. 67].

Основываясь на вышеизложенном, следует вывод, что при организации складского хозяйства предприятию необходимо изучить свойства товара, а также оценить свои возможности в средствах для организации различной сложности складских помещений.

Л и т е р а т у р а

1. Володина, М. Н. Организация хранения и контроль запасов и сырья / М. Н. Володина, Т. А. Сопачева. – М. : Академия, 2013. – 192 с.
2. Гордеева, Е. Н. Акцент на склад / Е. Н. Гордеева // Экономика. Финансы. Управление. – 2011. – № 1. – С. 67–72.
3. Журавлев, В. А. Логистика склада / В. А. Журавлев // Экономика. Финансы. Управление. – 2010. – № 2. – С. 47–53.
4. Хранение товаров. – Товароведение. – Режим доступа: http://www.znaytovar.ru/s/Xranenie_tovarov.html. – Дата доступа: 03.04.2014.
5. Эммет, С. Искусство управления складом / С. Эммет. – Минск : Изд-во Гревцова, 2007. – 320 с.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО ХОЗЯЙСТВА НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Я. С. Коваль

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

Научный руководитель С. В. Хаврукова

Транспортное хозяйство – это комплекс технических средств промышленного предприятия, предназначенных для перевозки материалов, полуфабрикатов, готовой продукции, отходов и других грузов на территории предприятия и на его подъездных путях.

Транспортное хозяйство является очень важным для предприятия любой отрасли. Без него невозможно перемещать материалы и продукцию по территории завода, доставлять сырье и полуфабрикаты и отправлять готовую продукцию потребителю. Поэтому рациональная организация работы транспорта необходима для рентабельной работы предприятия [1].

Отличительной особенностью транспорта от других отраслей материального производства является то, что в результате транспортного процесса не создается новый продукт [2].

Принято различать внешнюю и внутреннюю транспортировку грузов; последняя, в свою очередь, подразделяется на межцеховую и внутрицеховую.

Внутренняя и частично внешняя транспортировка грузов осуществляется с помощью различных транспортных средств, принадлежащих заводу. Транспортное хо-

зайство завода включает в себя все принадлежащие ему транспортные средства, осуществляющие внешние и внутренние перевозки, а также все устройства общезаводского назначения, например, ремонтные мастерские [1].

Назначение транспортного хозяйства предприятия состоит в полном удовлетворении потребностей предприятия и его подразделений в грузоперевозках при максимальном использовании транспортных средств и минимальной себестоимости транспортных операций. Это возможно на основе интеграции технологических процессов транспорта и производства, согласования их графиков работы, правильной организации транспортного хозяйства предприятия и эффективного планирования грузоперевозок. Транспортное хозяйство обслуживает потребности предприятия в грузоперевозках в сфере снабжения, производства и сбыта. Перевозки, погрузка-разгрузка и экспедирование грузов являются основными функциями транспортного хозяйства предприятия [3].

На предприятиях может применяться разнообразный парк транспорта. По видам транспорта различают рельсовый (железнодорожный узкоколейный), безрельсовый (автотранспорт, электротранспорт), водный (морской, речной), трубопроводный (трубопроводный пневмотранспорт, гравитационные продуктопроводы, нефтепроводы), специальный (технологический) транспорт и подъемно-транспортные средства (конвейеры, краны, погрузчики, лифты). Ввоз и вывоз грузов с территории предприятия через внешние подъездные пути осуществляется большегрузным автомобильным и железнодорожным транспортом.

При организации транспортного хозяйства промышленные предприятия могут сталкиваться с проблемами, основные из которых следующие:

- качество транспортного обслуживания;
- изношенность транспортных средств и трудности, связанные с их обновлением;
- плохая информационная поддержка перевозок;
- недогруз транспортных средств по грузоподъемности или полезному внутреннему объему кузова;
- недостаток информации о программных продуктах, позволяющих автоматизировать, упростить и ускорить выполнение операций, сопровождающих перевозочный процесс [2].

Качество транспортного обслуживания

Не все предприятия могут похвастаться высоким качеством транспортного обслуживания. Под «качеством» в данном контексте понимают бесперебойность поставки грузов, высокую надежность доставки, снижение себестоимости перевозок, своевременную подачу транспортных средств. Также повысить качество транспортного обслуживания можно с помощью составления оптимальных маршрутов движения и подключения более эффективного вида транспорта на определенном этапе маршрута. Проект по оптимизации транспортных маршрутов подразумевает анализ транспортных потоков предприятия с целью сокращения затрат на транспортировку грузов за счет нахождения и применения оптимальных маршрутов и сокращения потребности предприятия в количестве непроизводственных простоев и привлекаемых ресурсов. В ходе проекта рассматриваются как внутривозовские, так и внешние по отношению к предприятию транспортные потоки. За счет этого достигается не только существенная экономия ресурсов благодаря планированию оптимальных маршрутов, использованию грузоподъемности и вместимости совместно с использованием оптимального типа транспорта, но и в значительной мере упорядочиваются погрузо-разгрузочные работы, что в свою очередь позволяет получить дополнительный эффект за счет оптимального планирования ресурсов для организации работ.

Изношенность транспортных средств

Большое количество предприятий имеет на своем балансе транспортные средства, которые характеризуются высоким уровнем изношенности. Здесь следует остановиться на проблеме определения оптимального срока службы транспортных средств, занятых в перевозке грузов. В данном случае уместна одна из используемых в логистике методик, учитывающая возрастающие со временем эксплуатационные расходы, с одной стороны, и постепенно снижающуюся производительность и остаточную стоимость транспорта – с другой. Такая методика дает возможность понять, на каком сроке службы транспортное средство выгоднее продать по остаточной рыночной стоимости, чем эксплуатировать его со все более возрастающими затратами, включающими амортизацию и стоимость ремонтов.

Плохая информационная поддержка процесса перевозок

Поток информации, сопровождающий процесс транспортировки, несовершенен. Это касается связи с водителем (особенно при его нахождении в другом государстве или на пограничном переходе), мониторинга груза на протяжении перевозки и контроля состояния транспортного средства, его местонахождения. Чуть слабее данная проблема ощущается при внутренних перевозках. Однако и здесь бывают случаи утраты связи с транспортным средством, что негативно сказывается на координации процесса транспортировки, особенно в случаях потребности в срочной передаче или корректировке информации для водителя. Для решения данной проблемы необходимо компьютеризировать и информатизировать процесс перевозки грузов.

Недогруз транспортных средств

Проблема недостаточного использования грузоподъемности транспортного средства напрямую связана с неумением комплектовать отpravку различных грузов. На перевозку сборного груза требуется меньшее количество затрат, так как стоимость перевозки уменьшается по сравнению с тем, как если бы груз находился один. Это происходит потому, что, хоть это и экономически не обосновано, основой транспортных тарифов является километраж, пройденный транспортным средством. Так что стоимость перевозки на 1000 км для однотипных грузов массой 2 и 5 т практически не будет отличаться. Поэтому комплектовать отpravку грузов необходимо при максимальном использовании грузоподъемности транспортных средств путем перевоза различных видов груза [2].

Значение транспортного хозяйства предприятия не ограничивается лишь перемещением грузов. Организация внутривозовского транспорта и его работа непосредственно влияют на ход производственного процесса и на себестоимость продукции, которую производит предприятие. От работы транспорта зависит равномерный выпуск продукции, ритмичность работы всех участков и рабочих мест. Время, затраченное на внутри- и межцеховые перевозки, напрямую влияет на длительность производственного цикла. Поэтому основным ориентиром транспортного хозяйства предприятия является бесперебойное транспортирование грузов в условиях эффективного использования транспортных средств и минимизации себестоимости транспортных операций. Это можно достигнуть за счет правильной организации транспортного хозяйства, устранения вышеперечисленных проблем, четкого планирования работы транспорта и обоснованного выбора транспортных средств.

Л и т е р а т у р а

1. Алексеенко, Н. А. Экономика промышленного предприятия : учеб. пособие для вузов / Н. А. Алексеенко. – Минск, 2007. – 260 с.
2. Савицкая, Г. В. Анализ эффективности деятельности предприятия: методологические аспекты / Г. В. Савицкая. – Минск : Новое знание, 2003. – 160 с.
3. Экономика предприятия (в схемах, таблицах, расчетах) : учеб. пособие / под ред. В. К. Скляр-ренко, В. М. Прудникова. – М. : Инфра-М, 2006. – 256 с.

ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ КРЕДИТОВАНИЯ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

А. Н. Полей

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

Научный руководитель Я. П. Хило

В настоящее время ограниченный доступ к финансовым ресурсам – одно из основных препятствий, стоящих на пути развития бизнеса в Беларуси как такового. Недостаток средств организации преимущественно восполняют посредством кредитования, причем, как правило, банковского. Согласно определению Национального банка, кредитование – предоставление кредитодателем привлеченных и/или собственных денежных средств от своего имени и за свой счет на условиях возвратности, платности, срочности и обеспеченности с заключением между кредитодателем и кредитополучателем кредитного договора. Кредитование регламентируется постановлением Правления Национального банка Республики Беларусь от 30 декабря 2003 г. № 226, иными постановлениями Правления Национального банка и локальными нормативными актами кредитодателей. Институционально сектор финансирования Республики Беларусь представлен:

– коммерческими банками (системообразующие – ОАО «Беларусбанк», ОАО «Белагропром», ОАО «Белинвестбанк», ОАО «БПС-Сбербанк», ОАО «Паритетбанк», ОАО «Банк БелВЭБ» и др.);

– государственными организациями финансовой поддержки предпринимательства, предоставляющими различные виды финансирования (целевые займы, лизинг) за счет бюджетных ресурсов и собственных средств (Белорусский фонд финансовой поддержки предпринимателей, Брестский и Гродненский областные государственные учреждения поддержки предпринимателей);

– коммерческими организациями различных организационно-правовых форм, осуществляющими микрофинансовые и инвестиционные операции на безлицензионной основе (лизинг, ломбард и пр.);

– некоммерческими микрофинансовыми организациями (кредитные потребительские кооперативы, международный фонд развития сельских территорий).

Разумеется, в основном, кредитование осуществляется посредством банковской системы. Сегодня организациям она предоставляет на выбор огромное количество кредитных продуктов: овердрафт, лизинг, RCA, мультивалютные кредитные линии, инвестиционные, энергоэффективные и т. д. Это многообразие объясняется довольно высокой конкуренцией банков в борьбе за клиента. И может показаться, что все у нас замечательно: предложение денежного ресурса есть, и выбор широкий. Однако, если оценивать ситуацию кредитования в целом, видим ряд особенностей в большей степени негативного характера.

Важнейшая из особенностей – высокая цена кредитного ресурса. В то время как за рубежом организациям доступны кредиты от 1 % годовых, у нас – в диапазоне от 35 до 50 % в белорусских рублях. Основная причина – нестабильность внешней среды функционирования организаций. Кроме этого организациям нужно еще и соответствовать определенным параметрам: кредитоспособности и кредитонадежности. Отсутствие текущей просроченной задолженности, наличие приемлемой кредитной истории – это минимум, что требуется от кредитополучателя.

Вторая особенность – обязательное целевое использование кредита. Без указания целевого использования организациям доступны только микрокредиты, т. е. займ в размере до 15000 базовых величин.

Следующая черта – отсутствие банковского венчурного финансирования. Так называемые «стартапы» кредитуются лишь немногими банками (ЗАО «МТБанк», ОАО «Белгазпромбанк», ЗАО «Банк ББМБ») и на довольно жестких условиях: минимум 30 % собственного участия либо дополнительный залог на эту сумму, обязательные поручительства и залог имущества, наличие достойного бизнес-плана. И даже это не гарантирует, что предоставление кредита будет одобрено кредитным комитетом.

Также особенно остро ощущается ограниченность кредитования в иностранной валюте. Все началось 15 января, когда было опубликовано постановление Правления Национального банка № 3 от 4 января 2014 г. «О внесении изменений в постановление Правления Национального банка Республики Беларусь от 13 ноября 2012 г. № 577». Согласно постановлению № 577 кредиты в иностранной валюте предоставляются в безналичном порядке путем перечисления банком иностранной валюты в оплату расчетных документов, представленных кредитополучателем, на счета нерезидентов Республики Беларусь, а также резидентов Республики Беларусь в случаях, предусмотренных законодательством. Затем запрет ослабили постановлением № 60, заменив слово «кредиты» в постановлении № 577 на «краткосрочные кредиты». В январе постановление № 3 восстанавливает запрет в первоначальном виде. Введенные в постановлении от 13 ноября ограничения теперь снова распространены и на долгосрочные кредиты в иностранной валюте (слова «краткосрочные кредиты» заменены на «кредиты»). Кроме того, из всех резидентов Республики перечисление иностранной валюты было разрешено только на счета ОАО «Газпром трансгаз Беларусь» за поставляемый природный газ. Впрочем запрет не является абсолютным, и из постановления № 577 есть исключения. Они были описаны еще в 2012 г. специальным письмом Национального банка от 20 ноября 2012 г. № 04–18/453 «О применении норм постановления Правления Национального банка Республики Беларусь от 13 ноября 2012 г. № 577». В нем было сказано, что постановление № 577 не распространяется на привлечение резидентами кредитов от банков-нерезидентов, а также на кредиты, предоставляемые банками Республики за счет связанных с этими кредитами по срокам, суммам и валютам ресурсов нерезидентов. Кроме того, была предоставлена возможность осуществления расчетов по внешнеторговым договорам посредством аккредитива. Таким образом, было ограничено кредитование за счет внутренних источников иностранной валюты и стимулировано ее привлечение из-за рубежа. Однако совсем недавно Национальный банк Беларуси предпринял меры по обеспечению доступности кредитов субъектам малого и среднего предпринимательства, издав постановление от 28 февраля 2014 г. № 116. Документом установлено, что «кредитование субъектов малого и среднего предпринимательства в иностранной валюте за счет средств кредитов (займов), привлеченных на основании соглашений с международными и иностранными финансовыми и кредитными организациями, может осуществляться с последующей продажей этих средств на торгах «Белорусской валютно-фондовой биржи» для расчетов с резидентами Беларуси, связанных с приобретением (реконструкцией, строительством, ремонтом) объектов основных средств, сырья, материалов, комплектующих изделий, полуфабрикатов, предназначенных для собственной производственной деятельности (производства товаров, работ, услуг), за исключением торговой, посреднической, лотерейной деятельности, деятельности в сфере игорного бизнеса, электронных интерактивных игр». Это, несомненно, уверенный шаг к возвращению свободного валютного кредитования.

Потребность кредитов в иностранной валюте также объясняется их меньшей стоимостью в сравнении с кредитами в национальной валюте – в пределах 15–20 %

годовых. Удовлетворение данной потребности может осуществляться косвенными методами. Например, лизинг – предоставление имущества в аренду с его последующим выкупом. Организация получает необходимые основные средства сразу и постепенно возвращает долг лизингодателю в валюте или белорусских рублях в эквиваленте по стоимости, превышающей стоимость валютного кредита на 1–2 процентных пункта. Выгода очевидна. Кроме этого, НДС, включенный в лизинговые платежи, принимается организацией к зачету в полном объеме, а сами лизинговые платежи идут на себестоимость продукции, тем самым уменьшается база, облагаемая налогом на прибыль. Возможность осуществления ускоренной амортизации позволяет уменьшить расходы по налогу на недвижимость, а конечный результат – маленькая выкупная стоимость имущества. Возвратный лизинг – еще одна легальная альтернатива валютному кредиту. Особенно этот способ интересен организациям, имеющим большие внереализационные расходы. С целью получения иностранной валюты можно осуществить эмиссию собственных валютных облигаций. Только вероятность того, что облигации будут куплены, очень невелика.

Актуальным и, в какой-то степени, инновационным инструментом международного торгового финансирования можно назвать аккредитив с дисконтированием. Это форма непокрытого аккредитива, дающая возможность организации получить импортный товар с отсрочкой платежа, привлекая более дешевые ресурсы иностранных банков.

Перспективы кредитования малого и среднего бизнеса в Республике Беларусь, на мой взгляд, следующие:

- понижение ставок по кредитам в национальной валюте, зависящее от изменений ставки рефинансирования и размеров отчислений в фонд обязательных резервов, вследствие улучшения макроэкономического климата в стране и укрепления национальной экономики в целом;
- свободное кредитование в иностранной валюте;
- повышение качества кредитования вследствие внутреннего развития банковской системы, учитывая международный опыт;
- развитие банковского венчурного финансирования.

Таким образом, кредитование малого и среднего бизнеса в Республике Беларусь в настоящее время имеет ряд негативных особенностей, вызванных, в основном, дефицитом иностранной валюты. Несмотря на это, банковская система делает все возможное, чтобы облегчить организациям доступ к заемным финансовым ресурсам, предоставляя линейку вариативных кредитных продуктов на гибких и клиентоориентированных условиях. Стремление банков и государства к стабилизации, развитию и поиску новых решений обуславливает положительные прогнозы в области кредитования.

Л и т е р а т у р а

1. Национальный банк Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.nbrb.by/>.
2. Об утверждении Инструкции о порядке предоставления (размещения) банками денежных средств в форме кредита и их возврата (с учетом изменений от 18.04.2013) : постановление Правления Нац. банка Респ. Беларусь от 30 дек. 2003 г. № 226.
3. О предоставлении кредитов в иностранной валюте» (с учетом изменений от 04.01.2014) : постановление Правления Нац. банка Респ. Беларусь от 13 нояб. 2012 г. № 577.

МИРОВЫЕ ЛИДЕРЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ**Я. В. Емельянченко***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель Л. М. Лапицкая

Ежегодно авторитетная консалтинговая компания The Boston Consulting Group (BCG), занимающаяся исследованием инноваций с 2004 г., публикует рейтинг «Самые инновационные компании мира» (Most Innovative Companies). Естественно, данная организация не единственная, кто составляет рейтинги инновационного развития компаний во всем мире. Преимуществом рейтинга BCG является тот факт, что в его основе лежит сложная формула, сочетающая результаты голосования 1500 топ-менеджеров авторитетных корпораций и финансовые показатели компаний-претендентов. При этом итоги голосования имеют наибольший удельный вес – они занимают 80 % в общих результатах. Поэтому рейтинг The Boston Consulting Group отражает именно настроения в индустрии высоких технологий, а не является мериллом каких-то финансовых достижений.

Результаты рейтинга за 2013 г. представим в таблице.

Самые инновационные компании мира 2013 г.

Номер в рейтинге	Динамика	Компания	Описание
1	–	Apple	Компания перевернула рынок смартфонов, создала рынок планшетов, изменила представление об облачных сервисах
2	+1	Samsung	Корейский гигант похоронил Nokia, отбросил на обочину рынка HTC, LG и Sony и сегодня является единственным соперником Apple
3	–1	Google	Одна из самых инновационных компаний мира постепенно утрачивает лидерство. Надежда Google – гаджеты нового поколения, например Google Glass
4	–	Microsoft	Компания «едет на старом багаже». Все новые начинания Microsoft в последние годы оказались неудачными
5	+6	Toyota	Автомобильный гигант не только производит самые надежные в мире машины, но и активно продвигает гибридные технологии
6	–	IBM	Современные облачные технологии во многом держатся на серверных разработках компании
7	+2	Amazon	Уникальная в своем роде компания, которая смогла оттолкнуться от онлайн-торговли и превратиться в одного из лидеров IT-индустрии
8	+4	Ford	Старейший производитель автомобилей до сих остается в числе самых инновационных, гибриды Ford – одни из самых надежных и экономичных

Окончание

Номер в рейтинге	Динамика	Компания	Описание
9	+5	BMW	Автомобили премиум-класса становятся все более экономичными и экологичными. Начинается производство спортивных электромобилей с кузовами из углеволокна
10	+6	General Electric	Основанная Томасом Эдисоном компания методично внедряет новые продукты в самых разных сферах – авиации, энергетике, транспорте, финансах и здравоохранении
11	-4	Sony	Японский гигант превращается в производителя среднего уровня. С каждым годом продукты компании привлекают все меньше внимания потребителей
12	-7	Facebook	Соцсети выходят из моды. Миллионы пользователей уже отказались от Facebook из-за засилья рекламы и неуверенности в приватности своих данных
13	+16	General Motors	Компанию уже не раз хоронили, но она выжила с помощью разработок корейских инженеров. Недорогие, но изрядно «нафаршированные» автомобили пользуются спросом во всем мире
14	+31	Volkswagen	Народный автомобиль уже давно перестал быть народным по цене, но уровень технологической оснащенности вызывает восхищение
17	+7	Hyundai	Еще десять лет назад их никто не воспринимал всерьез, а сегодня корейцы делают машины, которые становятся бестселлерами в разных сегментах рынка, включая премиум-класс

Примечание. Источник: [1].

В ходе составления данного рейтинга было установлено, что более 3/4 руководителей из 1500 опрошенных поставили инновации либо на первое место, либо среди трех наиболее важных показателей для развития. При этом число таких компаний с 2009 г. ежегодно растет в среднем на 5 %.

Такое отношение топ-менеджеров к инновациям, по данным исследователей, подкрепляется инвестициями в это направление, которые значительно выросли за последние годы. Более того, в опросе этого года более половины участников заявили, что планируют увеличить расходы по этой статье на несколько процентов по сравнению с прошлым годом, поскольку благодаря грамотному инвестированию их компании добиваются большего успеха.

Как видно из таблицы, первое место занимает компания Apple, вопреки тому что в последнее время ее доля на рынке смартфонов сократилась. Отметим, что данная организация удерживает лидирующие позиции с 2005 г. Это и объяснимо. Компания уделяет огромное внимание инновациям. Так, в сентябре 2013 г. Apple предложила сразу две модели пятого поколения iPhone. Однако, по мнению экспертов, инновации, которые были внедрены в iPhone 5s и бюджетном iPhone 5c, не оказались какими-то сверхъестественными.

Главный конкурент Apple – Samsung Electronics, – пять лет назад занимавшая 26 строчку в рейтинге, в этом году обосновалась на втором месте, сдвинув Google, который занимал эту строчку с 2006 по 2012 г. За последние несколько лет бизнес-модель компании в большей степени стала ориентированной на смартфоны. В частности, представленная в этом году новая линейка Galaxy позволила южнокорейскому концерну в июле 2013 г. вдвое обогнать Apple по продажам смартфонов и занять долю на рынке в 30,4 % [2]. При этом, как полагают эксперты, нет какой-либо угрозы долгосрочным перспективам Samsung. Успех заключается в том, что компания никогда не позиционировала себя как новатора, а следовала свежим тенденциям и показывала способность к быстрой адаптации на рынке.

Если же рассматривать рейтинг с точки зрения самой инновационной отрасли, то таковой являются технологии и телекоммуникации. Хорошая динамика роста позиций компаний видна и в сегменте автомобилестроения, который стал вторым. Аналитики BCG считают, что такой резонанс инноваций на автомобильном рынке обусловлен несколькими факторами: увеличение топливной эффективности, снижение цен на электрические и гибридные авто и повышение стандартов безопасности. Это позволило 14 компаниям из автоиндустрии попасть в список, а трем – в десятку.

Аналитики BCG также назвали «разрушителей» – компании, которые поднялись в рейтинге на 10 и более позиций. Ими в 2013 г. стали Honda (18 место), Daimler (20 место), LG (25 место), Nokia (29 место), ExxonMobil (40), Fiat (43), BP (44), Cisco (46), Target (47) и Nestle (50) [2]. Все они отсутствовали в рейтинге с 2010 г.

В топ-50 данного рейтинга попали и компании из Сингапура, Индии, Южной Кореи, Германии, Великобритании, Японии, Финляндии, а также Нидерландов. Но все же наибольший удельный вес занимают американские корпорации, чьи частные инвестиции являются двигателями технологического прогресса. Что касается российских и тем более белорусских организаций, то они никогда не появлялись в данном рейтинге с 2004 г.

Список инноваций по-белорусски разительно отличается от тех изобретений и технологий, которые перечисляются в таблице и позволяют расширять границы цивилизации. Республиканский центр трансфера технологий на своем сайте указывает на следующие инновационные продукты: зерноуборочный комбайн и зерноочистительно-сушильная техника, электродвигатель, телевизор с монитором ЖКИ, тюнер для цифрового телевидения, фармацевтические субстанции, информационные табло, автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии и т. п. Такими «хай-тек» продуктами мы не можем удивлять развитые страны.

Поэтому в ближайшие годы Республика Беларусь должна стать активным реципиентом научных открытий других стран, в первую очередь США и Европы. Если не можем создать своего, нужно брать лучшее, что есть в мире. Лицензионные соглашения по использованию патентов, совместное производство, интеграция молодых белорусских ученых в исследовательские проекты ведущих научных центров мира при безусловной защите прав интеллектуальной собственности в стране – вот что поможет нам хотя бы сократить отставание от мировых лидеров.

Литература

1. Простота успеха. Рейтинг самых инновационных компаний 2013-го года / Офиц. сайт журн. «Корреспондент». – Режим доступа: <http://korrespondent.net/lifestyle/gadgets/1617572-prostota-uspeha-rejting-samyh-innovacionnyh-kompanij-2013-go-goda>. – Дата доступа: 02.04.2014.
2. BCG: Рейтинг самых инновационных компаний мира / Forbes.Kazakhstan. – Режим доступа: http://forbes.kz/leader/bcg_rejting_samyih_innovatsionnyih_kompaniy_mira. – Дата доступа: 02.04.2014.

СОВРЕМЕННАЯ ПЛАТЕЖНАЯ СИСТЕМА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А. С. Свистунова

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

Научный руководитель Л. М. Лапицкая

Экономика любого государства представляет собой широко разветвленную сеть различных хозяйствующих субъектов. Основой этих связей являются расчеты и платежи. Создание высокоэффективной надежной платежной системы обеспечивает реализацию их экономических возможностей.

Платежная система Республики Беларусь состоит из платежной системы Национального банка, платежных систем банков, расчетно-клиринговой системы по ценным бумагам и системы безналичных расчетов по розничным платежам.

Существующая в настоящее время в Республике Беларусь платежная система обеспечивает потребности реального сектора экономики, банковской системы и иных финансовых институтов Республики Беларусь в своевременном и качественном проведении расчетов на территории Республики Беларусь, способствует эффективной реализации основных направлений денежно-кредитной политики Республики Беларусь, исполнению государственного бюджета [1].

Главными составляющими платежного оборота в денежных системах различных стран являются наличные и безналичные расчеты. В настоящее время безналичный денежный оборот постепенно вытесняет налично-денежные расчеты. Этому способствуют низкие издержки по сравнению с наличными расчетами, быстрота осуществления, разветвленная сеть банков, а также заинтересованность государства в их развитии. На сегодняшний день около 80 % платежей приходится на безналичный денежный оборот.

Данные о показателях, характеризующих состояние наличного и безналичного денежного обращения в Республике Беларусь, представлена на рис. 1.

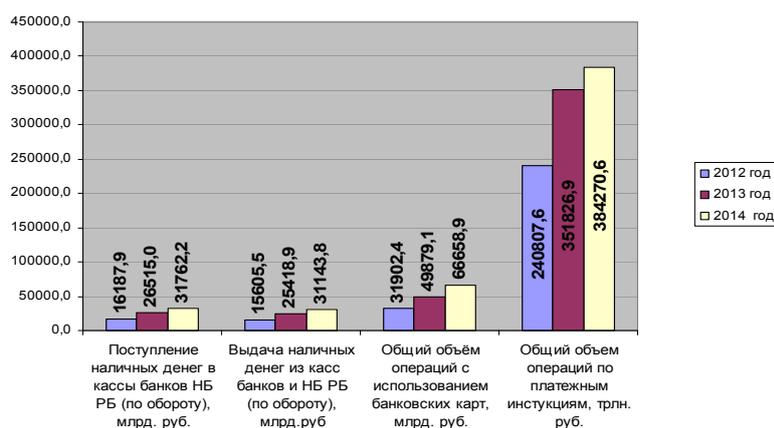


Рис. 1. Динамика показателей, характеризующих состояние денежного обращения в Республике Беларусь

В период с 2012 по январь 2014 г. наблюдается тенденция увеличения показателей как наличного, так и безналичного денежного обращения, при этом доля безналичных расчетов преобладает в общей структуре денежного обращения. Увеличение

наличного денежного обращения происходит равномерно, при этом данное увеличение связано, прежде всего, не с тем, что снижается привлекательность осуществления безналичных расчетов, а в связи с социально-экономическими процессами, происходящими в Республике Беларусь, такими как увеличение уровня жизни населения (индекс человеческого развития составил на 1 января 2013 – 0,793).

В структуре безналичных платежей значительную часть составляют платежи, проведенные платежной системой Национального Банка Республики Беларусь; на 2012 г. платежи, проведенные через платежную систему Национального Банка, составили: 49,8 % от общего количества платежей и 66,1 % от общего объема платежей [2].

Структура платежного оборота Республики Беларусь на 1 января 2013 г. в разрезе платежных инструкций по количеству проведенных операций представлена на рис. 2.

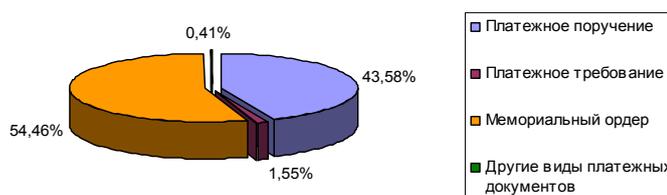


Рис 2. Структура платежного оборота Республики Беларусь за 2012 г. в разрезе платежных инструкций по количеству операций

По количеству операций наибольшую долю в структуре платежного оборота занимают мемориальные ордера и платежные поручения, по сумме данные виды платежных документов занимают, соответственно, 69,96 и 29,67 %. Платежные требования и другие виды платежных документов используются незначительно, по данным Национального Банка: 1,96 % по количеству и 0,37 % по объему платежей [2].

Платежная система Национального банка обеспечивает проведение межбанковских расчетов в белорусских рублях посредством Автоматизированной Системы Межбанковских расчетов (АС МБР). Система BISS является основным функциональным компонентом АС МБР.

Система BISS (Belarus Interbank Settlement System) – система межбанковских расчетов Национального банка, в которой в режиме реального времени осуществляются межбанковские расчеты по срочным и несрочным денежным переводам, как по собственным платежам банка, так и по платежам, инициированным его клиентами, а также по результатам клиринга в смежных системах (расчетно-клиринговая система по ценным бумагам и системы расчетов с использованием банковских пластиковых карточек). Участниками системы BISS являются Национальный банк, банки, структурные подразделения Национального банка и филиалы (отделения) банков Республики Беларусь [3].

Платежные системы банков включают автоматизированные банковские системы банков и автоматизированную банковскую систему «Учетно-операционные работы» Национального банка. Автоматизированные банковские системы банков обеспечивают проведение расчетов по выполнению денежных требований и обязательств между клиентами банка, имеющими счета в одном банке, филиале (отделении) либо в разных филиалах (отделениях) одного банка, между банком и клиентом, между филиалами (отделениями) банка [1].

Система безналичных расчетов по розничным платежам включает в себя платежные системы на основе использования банковских пластиковых карточек, системы расчетов с использованием электронных денег, других платежных инструментов и средств платежа.

Система безналичных расчетов по розничным платежам обеспечивает проведение безналичных расчетов при использовании физическими лицами для осуществления розничных платежей расчетных документов, платежных инструментов, средств платежа, систем дистанционного банковского обслуживания (Клиент-банк, Интернет-банкинг, Телебанк (Телефон-банк), SMS-банкинг), единого расчетного и информационного пространства и представляет собой совокупность банковских и иных институтов, правил и процедур, программно-технических средств для проведения расчетов по операциям физических лиц.

По состоянию на 1 января 2013 г., более чем в 37000 организаций торговли (сервиса) установлено свыше 56000 платежных терминалов для безналичных расчетов с использованием карточек. Функционирует 4221 инфокиоск для безналичной оплаты услуг (в том числе 879 инфокиосков, установленных за счет средств республиканского унитарного предприятия почтовой связи «Белпочта»), 3701 банкомат, в 97 % которых держатели карточек могут не только получать наличные деньги, но и осуществлять безналичные платежи [3].

Услуги дистанционного банковского обслуживания оказывают 24 банка, из них 23 – предоставляют услуги Интернет-банкинга, 16 – мобильного банкинга, 13 банков – SMS-банкинга. Возможность осуществления операций с использованием систем дистанционного банковского обслуживания снижает издержки на проведение безналичных расчетов, позволяет клиентам проводить платежи в удобное время не выходя из дома или офиса.

В Республике Беларусь функционирует 8 систем электронных денег (EasyPay, Берлио, WebMoney, iPay, ОСМП, CRED, Belgi, MasterCard (предоплаченные карты), эмитентами которых являются 8 белорусских банков (ОАО «Белгазпромбанк», ОАО «Технобанк», ОАО «Паритетбанк», «Приорбанк» ОАО, ЗАО «ИнтерПэйБанк», ЗАО «Белинвестбанк», ОАО «АСБ Беларусбанк», ЗАО «Трастбанк»).

Популяризацию расчетов в безналичной форме в платежной системе Республики Беларусь необходимо осуществлять путем проведения различных игр, акций, бонусных и иных программ, стимулирующих использование современных электронных платежных инструментов и средств платежа, освещать в средствах массовой информации вопросы развития безналичных расчетов по розничным платежам путем публикаций и интервью. Также необходимо продолжать работу по совершенствованию нормативно-правовой базы платежной системы и обеспечивать дальнейшее совершенствование управления межбанковскими платежами в направлении поддержки бесперебойности платежного процесса.

Литература

1. Пищик, И. Состояния и перспективы развития АС МБР Национального банка Республики Беларусь / И. Пищик // Банк. весн. – 2014. – № 2 (607). – С. 10–14.
2. Национальный банк Республики Беларусь / Нац. центр банк. информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2000–2014. – Режим доступа: <http://www.nbrb.by/payment/PaymentCycleStructure>. – Дата доступа: 24.02.2014.
3. Концепция развития платежной системы Республики Беларусь на 2010–2015 годы : постановление Правления Нац. банка Респ. Беларусь. – 2010. – № 29.

КЛЮЧЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ – ИННОВАЦИОННЫЙ ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Р. Н. Беланов

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

Научный руководитель Л. М. Лапицкая

В соответствии с программой социально-экономического развития Республики Беларусь на 2011–2015 гг., утвержденной Указом Президента Республики Беларусь № 136 от 11.04.2011 г., главная цель социально-экономического развития Республики Беларусь – рост благосостояния и улучшение условий жизни населения на основе совершенствования социально-экономических отношений, инновационного развития и повышения конкурентоспособности национальной экономики.

Повышение конкурентоспособности национальной экономики в условиях растущей глобальной экономической конкуренции за право каждой страны занять достойное место в системе мирового хозяйства, а также решение важнейших задач по обеспечению необходимых темпов роста социально-экономического развития страны невозможны без повышения экономической эффективности функционирования всех субъектов народного хозяйства.

Системы управления, сформированные в эпоху командно-административной экономической системы, характеризующейся практическим отсутствием внутренней конкуренции, требуют модернизации и адаптации к условиям растущей глобальной экономической конкуренции. Сегодня руководители промышленных предприятий ищут пути повышения эффективности деятельности своих организаций в новых условиях рыночной экономики.

Решение многих управленческих задач, стоящих перед современным руководителем, лежит в области переосмысления и трансформации хозяйственной деятельности предприятий с целью повышения уровня взаимодействия их функциональных частей и увеличения степени их адаптивности к постоянно изменяющимся условиям внешней экономической среды. Наиболее перспективным путем изменения на сегодняшний момент является использование международного опыта и переход к инновационным системам управления предприятиями, построенными по процессному принципу, а также модернизация существующих организационно-экономических механизмов.

Сейчас многие успешные компании в США и в странах Западной и Восточной Европы для обеспечения эффективности бизнеса применяют принципы целевого и КРІ-управления (*Key Performance Indicators* – ключевые показатели деятельности) в качестве показателей результативности и/или эффективности бизнес-процессов.

Key Performance Indicators, или Ключевые показатели эффективности – это система оценки для определения достижения операционных и стратегических целей предприятия. КРІ помогает компании оценить свое текущее состояние и повысить эффективность реализации собственной стратегии развития. Можно сказать, что КРІ – это количественно измеримый индикатор фактически достигнутых результатов.

Родоначальником идей целевого управления считается Питер Друкер, описавший такой подход в 50-е гг. прошлого века. Концепция, развитая еще в 50-е гг. XX в., не прошла бы проверку временем и не стала бы основой для одной из самых популярных систем управления нашего времени, если бы не обладала реально весомыми и действенными преимуществами:

– обеспечение руководства инструментом управления – внедрение системы КРІ наделяет руководителя удобным и результативным инструментом управления, позволяющим объективно оценивать деятельность компании на различных уровнях;

– делегирование ответственности – система КРІ дает возможность менеджменту распределять текущие задачи по персоналу, осуществлять контроль по ключевым критериям и использовать свое время для решения главных задач;

– эффективное бюджетирование;

– улучшение качества работы сотрудников;

– определенность в трудовых обязанностях – в дополнение к четкому пониманию целей и задач, сотрудники получают определенные и измеримые требования к результатам своей деятельности;

– перспективность личного развития – помимо материального поощрения или получения награждения в виде социальных программ каждый из сотрудников на основании достигнутых результатов сможет добиться развития своей карьеры;

– планомерное прогнозирование – разработка системы КРІ исключит возможность внезапного возникновения проблем благодаря установке целевых ориентиров и планомерному прогнозированию;

– рациональная расстановка приоритетов – деятельность руководства и подчиненных, всей компании и отдельных подразделений будет осуществляться в зависимости от четко расставленных приоритетов.

КРІ является действенным инструментом для измерения степени достижения определенных целей. В реальной деятельности предприятия необходимо использовать только те показатели, которые связаны с целями деятельности предприятия.

Успех работы компании по системе ключевых показателей эффективности возможен лишь в случае их соответствия следующим критериям: адресная принадлежность – закрепление за конкретным исполнителем или их группой; правильная ориентация – привязка к стратегическим целям, ключевым процессам или проектам; достижимость – вероятность достижения цели не менее 70–80 %; открытость к действиям – возможность вмешаться в процесс работы с целью улучшения результата; возможность прогнозирования – определение будущих желаемых результатов; ограниченность – от 5 до 10 показателей; легкость восприятия – ясность для исполнителей; взаимосвязанность – показатели должны быть сбалансированы; инициирование изменений – измерения КРІ должны приводить к цепной реакции положительных изменений; простота измерения – возможность количественной оценки прогресса; подкрепление соответствующими стимулами – индивидуальная мотивация каждого сотрудника; релевантность – своевременный пересмотр показателей; сопоставимость – возможность сравнения двух показателей в сходных ситуациях; разумность – наличие смысла и оснований для анализа.

Внедрение системы КРІ в деятельность организации необходимо и экономически целесообразно при возникновении любой из следующих ситуаций:

– постепенная потеря контроля над бизнес-процессами на предприятии, возникновение необходимости в эффективном инструменте управления;

– увеличение размеров компании;

– делегирование части руководящих полномочий менеджерам;

– крупное предприятие с большим финансовым оборотом, многочисленным штатом сотрудников и наличием иерархии подчиненности.

Как показывает практика, универсального набора ключевых показателей, применимых в любых случаях, не существует, поэтому каждая компания должна выработать свой собственный набор показателей деятельности, отвечающий именно ее особенностям. Тем не менее можно определить основные группы ключевых показателей:

1. Показатели оценки рынка и клиентов. Большинство компаний оценивают степень удовлетворения клиентов по таким критериям, как скорость обслуживания, своевременная доставка, гибкость, ассортимент продукции, выход новой продукции и стоимость реализации. Важность этих критериев для компании зависит от вида рынка, на котором работает компания, и групп ее клиентов. Кроме этого, очень важно выработать критерии для анализа прибыльности в разрезе клиентов и каналов сбыта.

2. Показатели конкурентов. Часто компании выпускают из виду клиентов, прекративших обращаться в их компанию, или потенциальных клиентов, которые вообще никогда туда не обращались. На самом деле, группы этих потенциальных клиентов превышают по численности базу активных клиентов. Понимание причин оттока клиентов или отказов от выполнения покупки может значительно увеличить число клиентов компании.

3. Показатели внутренних процессов. В упрощенном виде компания может себя представить в виде некоторого связующего звена «поставщик»–«рынок»–«заказчик». В идеале, компания преобразовывает свои высококачественные, своевременные и низко затратные вложения в такие же высококачественные, оперативные и высокодоходные результаты. Отслеживание этих вложений и результатов является ключевым фактором для анализа внутренних процессов компании.

На более детальном уровне этот процесс преобразования можно разделить на ряд процессов, таких как освоение рынка; разработка продукции; закупка; производство или внутренние операции; дистрибуция; реализация; обслуживание.

Компании требуется выявить из этого ряда наиболее критичные процессы и отслеживать их более пристально.

Обычно следующие показатели в зарубежной литературе выделяются в качестве приоритетных: удовлетворение клиентов (как внутренних, так и внешних); качество; скорость; гибкость; производительность; новаторство; стоимость.

4. Показатели персонала. К показателям эффективности управления людскими ресурсами можно отнести такие, как число претендентов на вакансии компании; затраты на обучение сотрудников; оценка компетентности сотрудников и повышения их квалификации; гибкость распределения должностей; новаторские и творческие предложения; дисциплинированность сотрудников; стаж работы.

5. Финансовые показатели. Среди ключевых показателей, используемых для достижения финансовых результатов и, в особенности, для удовлетворения акционеров, можно выделить рост доходов; прибыльность от реализации; объем затрат; объем активов; доход на инвестированный и собственный капитал; затраты на эксплуатацию основных средств в течение срока службы; рентабельность НИОКР; движение денежных средств.

Требуется четкая ориентация на потребность принятия оптимальных решений внутренними руководителями, т. е. информация должна фокусироваться на особо критичных показателях деятельности.

6. Показатели внешней среды. Современная компания сегодня обязана отвечать за состояние окружающей среды и вести показатели, отражающие соответствие деятельности компании этим задачам.

Применение системы ключевых показателей эффективности в управлении на предприятии превращает ее в прогрессивный инструмент, обеспечивающий экономическую эффективность и конкурентоспособность бизнеса, способствующий успешному внедрению инноваций в менеджмент и преодолению инертности мышления.

Литература

1. Key Performance Indicators (KPI): how an organization defines and measures progress toward its goals. – Режим доступа: <http://management.about.com/cs/generalmanagement/a/keyperfindic.htm>. – Дата доступа: 31.03.2014.
2. Parmenter, David. Key performance indicators: developing, implementing, and using winning KPIs / David Parmenter. – 2007.
3. Панов, М. М. Оценка деятельности и система управления компанией на основе KPI / М. М. Панов. – М. : Инфра-М, 2013. – 255 с.

**ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЯ
И ПУТИ ЕЕ АКТИВИЗАЦИИ****В. В. Отчик***Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель Я. П. Хило

В современных условиях высокой конкуренции соответствие внутренней среды предприятия требованиям рынка является важнейшим фактором успешной деятельности и вызывает необходимость ее постоянной трансформации. Главной движущей силой экономического роста сегодня являются инновации, внедряемые как на производстве, так и в эксплуатации и потреблении. Мировая практика показывает, что разработка и внедрение новшеств – это не только путь к повышению конкурентоспособности предприятия, но и серьезный стимул экономического развития страны.

Для того чтобы понимать суть рассматриваемой темы, необходимо дать определение инновационной деятельности. Инновационная деятельность – это деятельность, связанная с трансформацией результатов научно-технической деятельности в новый или усовершенствованный продукт, который предполагает целый комплекс научных, технологических, организационных, финансовых и коммерческих мероприятий, и именно в своей совокупности они приводят к инновациям.

Инновационное развитие белорусской экономики характеризуется как позитивными, так и некоторыми негативными тенденциями. К ее основным конкурентным преимуществам можно отнести: относительно высокий образовательный уровень населения; развитую сеть университетов; наличие разнообразных природных ресурсов. Однако общий уровень инновационной активности белорусских предприятий остается невысоким. Главными причинами такого положения являются недостаточно сформированный инновационный менталитет и старение научных кадров, относительно невысокая конкурентоспособность выпускаемой продукции, недостаточное финансирование в инновации как со стороны государства, так и со стороны республиканских и зарубежных инвесторов.

Для решения вышеперечисленных проблем, а также в целях системной модернизации национальной экономики, ее структурной перестройки и повышения конкурентоспособности белорусских товаров (работ, услуг) на внутреннем и внешних рынках в нашей стране утверждена «Государственная программа инновационного развития Республики Беларусь на 2011–2015 гг.». Главным направлением преобразований производственного потенциала Республики Беларусь в 2011–2015 гг. должно стать внедрение новых и высоких технологий, обладающих наибольшей добавленной стоимостью, низкой энергоемкостью и материалоемкостью, способствующих созданию новых видов товаров и услуг, новейших экологически безопасных (чистых) материалов и продуктов, а также обеспечивающих производство традиционных

товаров и услуг с новыми свойствами и параметрами, недостижимыми в рамках предыдущих технологических укладов. Основная цель – создание конкурентоспособной, инновационной, высокотехнологичной, ресурсосберегающей и энергосберегающей, эколого-безопасной экономики. За счет создания новых и модернизации действующих производств в 2015 г. вклад секторов, производящих наукоемкую продукцию, в экономику Республики Беларусь должен стать сопоставимым с вкладом традиционных секторов.

К основным проблемам, оказывающим существенное влияние на конкурентоспособность белорусской продукции, можно отнести следующие: высокая открытость экономики и зависимость от изменений на мировых рынках, необходимость сохранения и расширения присутствия на мировых рынках, неэффективная отраслевая структура производства, высокая импортоспособность экономики, низкая доля продаж инновационной продукции с высокой добавленной стоимостью. Белорусская продукция обладает невысоким уровнем конкурентоспособности, за исключением лишь некоторых товарных групп. Поэтому необходимо принять меры по снижению материалоемкости и энергоемкости производств; увеличению доли наукоемкой продукции с высокой добавленной стоимостью; снижению импортоспособности экономики, увеличению диверсификации товаров; привлечению инвестиций.

Также создание инновационной экономики, а следовательно, и активизация инновационной деятельности предприятий, неразрывно связаны с подготовкой высококвалифицированных специалистов, способных разрабатывать и внедрять новшества. Государственная научно-техническая и инновационная политика Республики Беларусь ориентирована на структурную и технологическую перестройку производственной и социальной сфер на основе достижений научно-технического прогресса и использования научного и образовательного потенциала нации.

Эффективное решение задач социально-экономического развития республики осложняется проблемами кадрового обеспечения регионов, и прежде всего закреплением там молодых специалистов.

На сегодняшний день все области республики испытывают недостаток в специалистах с высшим образованием, особенно сельскохозяйственного профиля (агрономах, зоотехниках, ветврачах, экономистах, инженерах), а также в учителях, врачах, работниках учреждений культуры. Отмечается недостаток в кадрах специалистов с высшим образованием. А прибывающих по распределению молодых специалистов недостаточно на покрытие потребности в них. Кроме того, отмечается низкий уровень управленческой подготовки руководителей районного звена, зачастую имеет место формализм в работе с кадровым резервом, отсутствуют межрайонная ротация кадров, научно обоснованные подходы к разработке критериев оценки деятельности руководителей, что негативно отражается на их трудовой мотивации.

Необходимо совершенствовать систему укрепления кадрового потенциала, рационального использования имеющихся трудовых ресурсов, переподготовки работников с большим трудовым стажем и также подготовки кадров нового поколения. Внедрение проведения оценки кадрового потенциала на предприятии позволит добиться качественного изменения структуры кадров, повысить гибкость использования рабочей силы и активизировать инновационную деятельность на промышленных предприятиях, в том числе за счет ротации рабочих мест.

В сложившихся условиях можно выделить ряд актуальных направлений активизации инновационной деятельности предприятий:

1. Признание приоритетности инновационных факторов для повышения как конкурентоспособности, так и эффективности деятельности предприятия в целом.

Наиболее слабым звеном сегодня является не столько финансирование, сколько отсутствие навыков инновационного менеджмента. Главной проблемой остается разорванность связей между основными участниками инновационного процесса, информационная непрозрачность и поэтому низкая мотивация, как к разработке, так и финансированию инноваций.

2. Правовая охрана инновационных идей. Результаты инновационной деятельности работников – это конкурентные преимущества предприятия, и задача любого предприятия – их защищать. Без обеспечения надежной правовой защиты результатов инновационной деятельности ставится под угрозу возможность их эффективного использования.

3. Информационная взаимосвязь. При осуществлении инновационной деятельности создаются интенсивные информационные потоки, удовлетворяющие потребности отдельных управленческих служб. В систему управления предприятием необходимо закладывать подход, основанный на использовании интегрированной информационной системы, обеспечивающей единую базу для всех подразделений данного предприятия.

4. Активное и новаторское участие каждого сотрудника в повышении эффективности инновационной деятельности и конкурентоспособности продукции. Выполнение данного направления активизации инновационной деятельности предполагает использование различных методов материального и морального стимулирования в том числе: устанавливая заранее высокую зарплату и получая в результате соответствующее высокое качество; применяя премии и награды за высокие достижения в области повышения инновационной активности.

5. Заинтересованность в результатах своего труда всех субъектов инновационной деятельности. Все больший интерес приобретают внутренние мотивы, стимулирующие инновационную деятельность. К ним можно отнести следующие: желание реально ощущать результаты своей работы, обладать возможностями для творческого поиска, проявлять инициативу, чувствовать поддержку своей новаторской деятельности со стороны предприятия.

6. Государственная поддержка инновационной деятельности. Она позволит определить место научной и научно-технической деятельности в государстве, обществе, экономике; правовой статус научного работника; множественность источников финансирования предприятий, принципы управления научной деятельностью, основные формы воздействия органов государственной власти на различных уровнях в сфере науки; отразить правовые основы регулирования международного научно-технического сотрудничества.

Таким образом, для активизации инновационной деятельности промышленных предприятий необходимо постоянно осуществлять отбор и мониторинг наиболее значимых факторов и показателей инновационной деятельности; устанавливать формы и зависимости связей между этими факторами и степенью инновационной активности предприятий; на основе выявленных связей и зависимостей выработать рекомендации по улучшению положения в данной области. Именно объективная оценка состояния активизации инновационной деятельности на текущий момент позволит выявить «узкие места» в этой области и разработать рекомендации по их преодолению, что в свою очередь позволит повысить конкурентоспособность отечественных товаров, обеспечить устойчивость экономического роста и на этой основе – высокий уровень жизни граждан.

Литература

1. Завлин, П. Н. Инновационная деятельность в условиях рынка : учеб. пособие / П. Н. Завлин. – СПб. : Питер, 2004. – 12 с.
2. Морозов, С. И. Пути активизации инновационной деятельности в регионе / С. И. Морозов // Проблемы соврем. экономики, 2011.
3. О Государственной программе инновационного развития Республики Беларусь на 2011–2015 гг. : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 26 мая 2011 г. № 669 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2011.

**МОДЕЛЬ КОММУНИКАТИВНОЙ
КОМПЕТЕНТНОСТИ СПЕЦИАЛИСТА****Т. В. Бойко***Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель В. В. Клейман

Широкое распространение коммуникативная компетентность получила в 90-х гг. прошлого столетия и на сегодняшний день не существует однозначного ее понимания.

Американские ученые, такие как Н. Хомский, Д. Хаймс, Р. Уайт и др., понимают компетенцию как «основополагающий поведенческий аспект или характеристику, которая может проявляться в эффективном и/или успешном действии и которая зависит от контекста действия, организационных факторов и факторов среды, а также характеристик профессиональной деятельности» [6]. Они в своем определении сосредотачиваются не на личностных характеристиках, а на свойствах самой деятельности. Главный вопрос, на котором они сосредотачивают свое внимание, решаемый в этом направлении – каковы те главные элементы деятельности, которые должны быть выполнены, чтобы считать результат достигнутым, удовлетворяющим заданным требованиям.

Сторонники данного подхода связывают компетенции с поведенческими характеристиками, такими как самосознание, саморегуляция, социальные навыки, и считают, что они могут быть сформированы через обучение и развитие.

Британским ученым Дж. Равеном компетенция трактуется как жизненный успех в социально значимой области. Он выделил более чем 35 видов компетентностей, которые отождествляет с «мотивированными способностями». Среди выделенных Дж. Равеном видов: способность к самообразованию, самоконтроль, критическое мышление, готовность к решению сложных проблем, уверенность в себе, настойчивость, способность к совместной работе, персональная ответственность и другие. Новые профессионально-технические коммуникации, разрабатываемые в рамках этого подхода, основывались на профессиональных стандартах компетентности, в основе которых лежал функциональный анализ работ в различных контекстах.

И. А. Зимняя под «компетенцией» понимает внутренние, потенциальные, скрытые психологические новообразования (знания, представления, программы действий), которые затем выявляются в компетентностях человека. При этом «компетентность» она определяет как «актуальное, формируемое качество личности, основывающееся на знаниях, интеллектуально и личностно-обусловленная социально-профессиональная черта человека, его личностное качество» [3].

В интерпретации Э. Ф. Зеера, компетентность – это глубокое, доскональное знание существа выполняемой работы, способов и средств достижения намеченных целей, а также наличие соответствующих умений и навыков; совокупность знаний, позволяющих судить о чем-либо со знанием дела [2, с. 77].

Мы разделяем мнение И. А. Зимней, Э. Ф. Зеера и под компетентностью далее будем понимать совокупность знаний, умений, навыков в области организации взаимодействия людей, а также готовность применять на практике эти знания, умения и навыки.

Цель исследования – сформировать теоретическую модель коммуникативной компетентности специалиста.

Основными источниками приобретения коммуникативной компетентности являются: язык общения, опыт межличностного общения в деловой, повседневной обстановке, общая эрудиция, научные методы обучения общению и т. д.

Из этих источников формируется сложный комплекс коммуникативных знаний и навыков, составляющих коммуникативную компетентность. Этот комплекс включает в себя:

– знание культурных атрибутов (знание обычаев, традиций, этикета в сфере общения, мифы, обычаи, символы, соблюдение приличий, воспитанность; ориентация в коммуникативных средствах, присущих национальному менталитету и др.) [5];

– высокий уровень речевого развития, позволяющий человеку в процессе общения свободно передавать и воспринимать информацию (знание основных понятий речи – стили, типы, способы связи предложений в тексте и т. д.; умения и навыки анализа текста, коммуникативные умения). По мнению О. М. Казарцевой: «Коммуникативная компетенция – это знания, умения и навыки, необходимые для понимания чужих и порождения собственных программ речевого поведения, адекватных целям, сферам, ситуациям общения. Она включает в себя: знание основных понятий речи – стили, типы, способы связи предложений в тексте и т. д.; умения и навыки анализа текста, и наконец, собственно коммуникативные умения – умения и навыки речевого общения применительно к различным сферам и ситуациям общения, с учетом адресата, цели» [4, с. 10];

– понимание невербального языка общения (смех, аплодисменты, жесты, мимика, позы, движения, ситуативная адаптивность) [1];

– умение вступать в контакт с людьми с учетом их половозрастных, социально-культурных, статусных характеристик;

– социальные роли (нормы, статусы, освоение ролевого репертуара) и др.

По моему мнению, под **коммуникативной компетентностью** следует понимать некоторую совокупность знаний, умений и навыков, обеспечивающих эффективное протекание коммуникативного процесса, а также готовность применять на практике эти знания, умения и навыки.

Формирование коммуникативной компетентности требует системного подхода, который должен реализовываться на всех этапах непрерывного образования. Формирование коммуникативной способности является ключевым показателем системности, последовательности усвоения знаний, навыков, умений в образовательном процессе.

В процессе коммуникации могут возникать различные проблемы межличностных контактов, приводящие к конфликтам. Такими проблемами довольно часто являются психологические различия в восприятии. Люди интерпретируют одну и ту же информацию по-разному в зависимости от образования, жизненного опыта, круга интересов, потребностей, эмоционального состояния.

Существует несколько стратегий, которые позволяют достаточно успешно преодолевать коммуникационные барьеры и повышать эффективность коммуникаций. Нужно обратить особое внимание на развитие коммуникационных навыков. К числу наиболее важных навыков относятся активное слушание и предоставление обратной связи. Смысл активного слушания как приема коммуникации состоит в способности слушателя помочь говорящему сказать именно то, что он намеревался сказать.

Современный подход к проблеме развития и совершенствования коммуникативной компетентности взрослых людей состоит в том, что обучение рассматривается как саморазвитие и самосовершенствование на основе собственных действий, а диагностика компетентности должна стать самодиагностикой, самоанализом.

Одним из путей улучшения коммуникации является создание каналов информационных сообщений (стенная печать, статьи, радио и т. п.) и внедрение современных информационных технологий (электронная почта, видеоконференция и др.).

Формирование коммуникативной компетентности – это способ актуализации личностных и профессиональных качеств будущего специалиста. Коммуникативная компетентность способствует личностному развитию, рационализации и повышению эффективности механизмов управления обществом.

Таким образом, при всем существующем многообразии мнений, можно выделить главную черту, характеризующую сущность коммуникативной компетентности – это способность и готовность вступать в различного рода (вербальные, невербальные, письменные, устные) коммуникации с целью решения задач общения (поиска, передачи информации, быть понятым, понимать и т. п.). Это проявляется в стремлении вступать в диалог, дискуссии, способности задавать вопросы собеседнику, конструировать ответы на заданный вопрос, находить вербальные и невербальные средства формирования и формулирования мысли и т. д.

Л и т е р а т у р а

1. Емельянов, Ю. Н. Активное социально-психологическое обучение / Ю. Н. Емельянов. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1985. – 168 с.
2. Зеер, Э. Ф. Личностно-ориентированное профессиональное образование / Э. Ф. Зеер. – Екатеринбург : Изд-во Урал. гос. проф. пед. ун-та, 1998. – 117 с.
3. Зимняя, И. А. Ключевые компетенции – новая парадигма образования / И. А. Зимняя // Высш. образование сегодня. – 2003. – № 5. – 39 с.
4. Казарцева, О. М. Культура речевого общения: теория и практика обучения : учеб. пособие / О. М. Казарцева. – М., 1998. – С. 10.
5. Куницина, В. Н. Межличностное общение : учеб. для вузов / В. Н. Куницина, Н. В. Казаринова, В. М. Погольша. – СПб. : Питер, 2001. – 544 с.
6. Хомский, Н. Аспекты теории синтаксиса / Н. Хомский. – М., 1972 (англ. 1965).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРНЕТ-ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ГАЗЕТЫ: ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

Н. В. Куцаренко

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

Научный руководитель В. В. Клейман

С появлением новых медиа, когда формируются новые социальные сообщества, аудитория сама становится производителем контента, а журналисты – «создателями смыслов». В современном обществе появляются новые подходы к развитию региональных СМИ – работать там, где развивающаяся и молодая аудитория, а не приглашать на свою платформу. Это и определяет создание большого количества веб-узлов различных газет в социальных сетях.

Цель исследования – обобщить и проанализировать отечественный, зарубежный опыт использования Интернет-пространства для развития региональной газеты.

Основной задачей системы региональных СМИ остается организация информационных потоков в пределах региона. При этом они остаются важным каналом доставки информации с местного регионального на республиканский уровень.

Интернет-пространство по своим возможностям почти полностью соответствует издательству. Даже самый мелкий сетевой издатель в идеале может получить всю читательскую аудиторию. Стоимость же создания и поддержания простого Веб-узла чрезвычайно низка.

Эффективность электронных версий оценивается простым способом передачи и доставки, которым пользуется большая часть читателей как единственным источником информации, не сравнимой с традиционными формами получения информации скоростью. Чаще всего текст электронной версии газеты можно прочитать намного раньше, чем издание выйдет в свет. И в то же время не всегда электронная версия является копией бумажного издания. Кроме того, сейчас сложилась тенденция к «выкладыванию» новостей в Интернет-пространство сразу же после того, как произошло какое-либо событие. То есть печатные издания, носящие новостной характер, отходят на второй план из-за того, что в Интернете вся информация появляется чуть ли не «точно в срок» происхождения события. Поэтому очень часто происходит так, что некоторые публикации текстов существуют только в электронном виде в силу быстрого устаревания информации и ее неактуальности в печатном издании. Электронная версия каждого издания имеет адрес, по которому ее можно найти в Интернете.

Существует мнение, что электронные версии журналов и газет – это не электронные СМИ. Это лишь форма передачи издания. По-другому дело обстоит с оригинальными электронными изданиями, изначально созданными для «хождения» в сетях.

Стоит отметить и свойственное для подавляющего большинства сайтов современных СМИ многообразие цветового выделения шрифтов. «Узнаваемый» шрифт для издания, представляемый и в визуальном наполнении сайта, – это своего рода визитная карточка.

Важным фактором развития традиций периодической печати является гипертекст. Гипертекстуальность следует рассматривать как форму организации текстового материала, в котором основные единицы представлены не в линейной последовательности и читать такой текст можно в любом порядке, образуя все новые и новые «линейные тексты».

«Удобство чтения» также является одним из важных факторов. Если, к примеру, каждое слово здесь будет подчеркнуто или расцвечено, то читатель просто перестанет воспринимать данный текст, переключив внимание на другие. Поэтому идеальным вариантом является вынесение ссылок в конец публикации, что, впрочем, характерно для многих журнальных и даже объемных газетных публикаций.

И наконец, еще один элемент взаимосопрежения традиций печатных СМИ и сетевых медиа – внутренняя динамика текстов. Читатель, прочитав определенный объем информации, всегда примет решение, продолжать ли воспринимать данный текст дальше, в полном объеме, или переходить к следующему. Традиции и накопленный опыт показывают, что необходимо соблюдение и творческое расширение жанровых, тематических и других границ, а также активного и контекстно допустимого использования средств речевой выразительности.

Интересный опыт сочетания возможностей традиционных печатных СМИ и новых информационных технологий показывают ведущие зарубежные и отечественные периодические издания. Так, например, веб-версия газеты «Нью-Йорк Таймс» имеет довольно качественно и творчески разработанную мультимедийную «начинку». Журналисты эффективно используют традиционные и в то же время новаторски переработанные инструменты. Это многоцветное шрифтовое наполнение текстов с обилием выделительных элементов, видео (репортажи, зарисовки, интервью длительностью не более 2–3 мин), слайд-шоу, фоторепортажи. Из числа последних инноваций можно выделить аудиослайд-шоу (фоторепортаж дополняется рассказом автора).

Британская газета «Гардиан» при создании больших видеоматериалов пользуется помощью съемочной группы, состоящей из трех человек: корреспондента, телевизионного оператора и продюсера. Эта относительно небольшая группа работает, по мнению экспертов, как целый телеканал, поскольку почти ежедневно «выкладывает» на сайт видеокomentarии экспертов, видеосюжеты с места событий или важнейших мероприятий и много другой визуализированной информации.

Многие зарубежные издания используют сегодня видеоролики, привлекающие внимание к тому или иному «гвоздевому» материалу. Существенен и тот факт, что подобная форма онлайн-видео все больше предпочтительна для рекламодателей, имеющих возможность разместить перед видеоматериалом свой продукт. В целом же данные технологии предполагают специальную подготовку кадров печатных журналистов и специалистов-дизайнеров.

Онлайн-версия отечественных изданий также активно применяют новые информационные технологии. Газета «Гомельские ведомости» успешно применяет на своем веб-узле «Flash-video» короткие вставочные видеоматериалы (до 20 с), которые демонстрируют наиболее волнующие общество проблемы или же отображают так называемый «гвоздь» выпуска. Также в онлайн-версии «Гомельских ведомостей» есть раздел «видео», в котором предоставляются расширенные версии подготовленного печатного материала.

Молодежная газета «Знамя юности» не настолько успешна в веб-формате. Сам внешний вид сайта нельзя назвать легкодоступным. Здесь не выполняется требование «удобство чтения». Как раз таки в этом случае веб-узел монотонный и плохо воспринимается. Он слишком нагроможден и расцвечен, т. е. когда открываешь страницу – глаза разбегаются, и не выделены отдельные рубрики газеты, из-за чего сложно определиться с выбором рубрики. Но нельзя сказать все же, что веб-формат газеты не соответствует требованиям современных электронных СМИ. Так, например, в 2009 г. редакция газеты «Знамя юности» совместно с ООО «ТЕЛЕНЕДЕЛЯ» (Москва) разработала и осуществила проект «ТЕЛЕНЕДЕЛЯ специально для «ЗН». Проект является эксклюзивным на территории Республики Беларусь, согласно которому на страницах газеты «Знамя юности» публикуются материалы, подготовленные российским партнером: интервью с российскими и мировыми звездами кино, шоу-бизнеса, репортажи со съемочных площадок как в России, так и в Голливуде, потребительская информация о модных тенденциях от ведущих кутюрье и т. д.

По некоторым позициям отечественные региональные газеты уступают таким изданиям, как «Нью-Йорк Таймс» и «Гардиан». Ни в одной газете Республики Беларусь не встретишь группу, которая работает как телеканал, так же как и не часто можно встретить газеты, которые практикуют видеорубрики. Однако уже внедряются в систему короткие вставочные видеоматериалы продолжительностью до 20–30 с, каждая газета пытается себя индивидуализировать.

Подводя итог, можно сказать, что белорусские СМИ не уступают по своему внешнему виду и содержанию зарубежным СМИ в Интернет-пространстве. Основные принципы ведения веб-узлов газетами соблюдаются. Все же отечественным СМИ есть чему поучиться у зарубежных и есть куда развиваться. Для привлечения большего количества читателей и удержания тех, которые следят за новостями, выкладываемыми на веб-узлах изданий, необходимо постоянно вводить новшества, такие как открытие новых рубрик, постоянное совершенствование слога авторов статей и проведение журналистских расследований по различным направлениям. Также на основе опыта журналистов британской газеты «Гардиан» возможно проведение видео-интервью.

Все это позволит газетам стать более читаемыми и на протяжении длительного времени удерживать читателя, а также расширить границы региональной газеты.

Л и т е р а т у р а

1. Олешко, Е. В. Мультимедийная журналистика как фактор развития информационной культуры периодических изданий / Е. В. Олешко // Журналистика и массовые коммуникации, 2012.
2. Гомельские ведомости. – Режим доступа: <http://newsgomel.by>. – Дата доступа: 20.03.2014.
3. Знамя Юности. – Режим доступа: <http://zn.by/>. – Дата доступа: 20.03.2014.
4. The New-York Times. – Режим доступа: <http://www.nytimes.com/>. – Дата доступа: 20.03.2014.
5. The Guardian. – Режим доступа: <http://www.theguardian.com/uk>. – Дата доступа: 20.03.2014.

Секция VII
ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ
В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

ЭВОЛЮЦИЯ ПОДХОДОВ К ФОРМИРОВАНИЮ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ИНДИКАТОРОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СТРАН

Л. В. Щукина

ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского», Россия

Научный руководитель А. Д. Шафронов

Необходимость оценки устойчивости и эффективности социально-экономического развития стран и регионов, а также уровня экономического роста определяет актуальность разработки системы научно обоснованных показателей устойчивости развития для различных уровней: международного, национального, регионального, отраслевого.

Впервые целесообразность разработки индикаторов устойчивого развития была отмечена в «Повестке дня на XXI век», принятой на Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 г. В частности, установлено: «В целях создания надежной основы для процесса принятия решений на всех уровнях и содействия обеспечению саморегулируемой устойчивости комплексных экологических систем и систем развития необходимо разработать показатели устойчивого развития» [1, с. 504–505].

В настоящее время разработкой оценочных показателей устойчивости занимаются ведущие международные организации, в том числе ООН, Всемирный Банк, Организация стран экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), Европейская комиссия, Научный комитет по проблемам окружающей среды (SCOPE) и др. Предложенные ими варианты оценки отличаются разнообразием и сложностью.

Нами обоснована совокупность этапов эволюции процесса разработки международных систем индикаторов устойчивого развития с целью формирования общей картины в данной области исследования (таблица).

Этапы процесса разработки международных систем индикаторов устойчивого развития и их характерные черты

Особенности показателей	Интегрируемые компоненты/статистические данные	Цели формирования системы индикаторов	Частота измерения
1 этап. Разработана система экологических индикаторов Организацией стран экономического сотрудничества и развития (1990 г.)			
Экологические	Большой комплекс основных и ключевых экологических индикаторов, общих показателей, не связанных с конкретной экологической проблемой;	– выявление причинно-следственных связей между экономической деятельностью и эколого-социальными условиями; – проведение мониторинга в сфере охраны окружающей среды; – повышение информированности общественности о состоянии окружающей среды;	Разовые

Продолжение

Особенности показателей	Интегрируемые компоненты/статистические данные	Цели формирования системы индикаторов	Частота измерения
2 этап. Разработан индекс развития человеческого потенциала Программой развития Организации Объединенных Наций (1990 г.)			
Социальные	3	– определение уровня жизни, грамотности, образованности и долголетия как основных характеристик человеческого потенциала исследуемой территории; – определения желательных масштабов финансирования программ человеческого развития на национальном и региональном уровне;	Ежегодно
3 этап. Сформирована система эколого-экономического учета Статистическим отделом Секретариата ООН (1993 г.)			
Эколого-экономические	Статистические данные в зависимости от наличия и методики расчета	– учет экологического фактора в национальных статистиках; – расширение макроэкономических показателей за счет рассмотрения природных активов; – наблюдение за изменениями в окружающей среде, вызываемыми экономической деятельностью, и обеспечение на этой основе информационной базы для проведения комплексной социальной, экологической и экономической политики;	Разовые
4 этап. Разработана первая комплексная система индикаторов устойчивого развития Комиссией по устойчивому развитию ООН (1996 г.)			
Эколого-социально-экономические	Общее число показателей (132): социальные (41), экономические (26), экологические (55) и организационные (10);	– комплексная оценка уровня устойчивости развития на национальном и региональном уровнях;	Разовые

Окончание

Особенности показателей	Интегрируемые компоненты/статистические данные	Цели формирования системы индикаторов	Частота измерения
5 этап. Разработан интегральный показатель «Истинные сбережения» Всемирным Банком (1997 г.)			
Эколого-экономические	8	– измерение устойчивого развития экономики, основанное на учете экологического фактора в макроэкономических показателях; – в практическом плане отражает целесообразность создания специальных фондов, образующихся за счет фиксированных отчислений от добычи невозобновляемых топливно-энергетических ресурсов с целью обеспечения будущего развития страны (например, Фонда будущих поколений, которые имеются в Норвегии, США, ряде нефтедобывающих стран);	Ежегодно
6 этап. Разработан индекс «Экологический след» ВВФ (1997 г.)			
Экологические	6	– отражение текущей ситуации в области использования ресурсов и образования отходов; – оценка вклада технологических инноваций в приведение человеческого спроса в соответствие с возможностями экосистем планеты;	Ежегодно
7 этап. Разработан индекс «Живой планеты» ВВФ (1998 г.)			
Экологические	1100	– анализ численности популяций всех видов;	Ежегодно
8 этап. Сформирована система индикаторов для улучшения управления природопользованием в Центральной Америке Всемирным Банком совместно с Программой ООН по окружающей среде и Международным центром тропического сельского хозяйства (2000 г.)			
Эколого-социально-экономические	11 индексов, 68 базовых и 114 дополнительных индикаторов	– комплексная оценка эколого-социально-экономического развития на глобальном, региональном и локальных уровнях; – обобщение более узкой информации по одной проблеме, получение первого представления об основных проблемах развития и текущей ситуации по анализируемому объекту;	Разовые

Примечание. Составлено автором по материалам собственных исследований.

В процессе анализа этапов эволюции подходов к формированию международных систем индикаторов устойчивого развития нами установлено следующее:

– обострение экологических проблем международного характера, в частности, истощение природного капитала, глобальное потепление, деградация окружающей среды, сокращение биологического разнообразия и др., способствовало процессу разработки комплекса показателей, учитывающих данный фактор;

– первоначально при формировании системы научно обоснованных показателей устойчивого развития учитывался, как правило, один аспект анализа – экологический, в последующем данная система была дополнена социальными и экономическими индикаторами, позволяющими дать комплексную оценку устойчивости развития стран;

– основными целями формирования комплекса индикаторов являются обоснование принимаемого решения посредством количественной оценки и упрощения; интерпретирование изменений; выявление недостатков в природопользовании; облегчение доступа к информации для различных категорий пользователей; обмен научно-технической информацией; информирование общественности об определенных экологических угрозах;

– принципиальным моментом в международных системах индикаторов является попытка учесть ущерб от загрязнения среды и истощения природных ресурсов на макроэкономическом уровне, скорректировать основные экономические показатели развития с учетом экологических целей;

– информационной и методологической основой для расчета основных индикаторов устойчивого развития и их последующего использования в процессе принятия решений служит государственная статистическая информация, научные публикации и методические разработки в данной области исследований.

Таким образом, в результате проведенного исследования нами установлены этапы формирования международных систем индикаторов устойчивого развития, выявлены особенности и цели разработки научно обоснованных показателей. Полученные результаты могут служить основанием для дальнейшего углубления научных исследований в данном направлении.

Литература

1. Доклад Конференции ООН по окружающей среде и развитию // Рио-де-Жанейро, 3–14 июня 1992 г. – Нью-Йорк, 1993. – Т. 1. – С. 520.

К ВОПРОСУ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ, РАСПОЛОЖЕННЫХ ЗА ПРЕДЕЛАМИ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ, САДОВОДЧЕСКИХ ТОВАРИЩЕСТВ И ДАЧНЫХ КООПЕРАТИВОВ

С. И. Марцинкевич, К. В. Дрыго

Учреждение образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», г. Горки
Научный руководитель В. В. Савченко

Одной из основных задач государственного управления земельными ресурсами является оценка земель и установление обоснованной платы за землю. Стоимостная оценка земельных участков – это важнейший экономический инструмент, обеспечивающий рациональное использование земельных ресурсов и служащий основой создания цивилизованной системы налогообложения и ценообразования.

В условиях реформирования земельных отношений, использования элементов их рыночного регулирования особый интерес представляет кадастровая оценка земель – метод определения рыночной стоимости, но не индивидуальным, а массовым образом.

Согласно ст. 1 Кодекса Республики Беларусь о земле под кадастровой стоимостью земель понимается расчетный показатель стоимости единицы площади земель в оценочной зоне, выделенной на землях, равноценных по стоимости, а под кадастровой стоимостью земельного участка – расчетная денежная сумма, отражающая ценность (полезность) земельного участка при использовании его по существующему целевому назначению и включенная в регистр стоимости земельных участков государственного земельного кадастра [1].

В настоящее время кадастровая стоимость земельных участков используется для определения базовых ставок ежегодной арендной платы за земельные участки, находящиеся в государственной собственности (ст. 32 Кодекса о земле, Указ Президента Республики Беларусь от 1 марта 2010 г. № 101), приобретения в собственность земельных участков физическими лицами (ст. 31 Кодекса о земле), установления начальных цен на земельных аукционах (ст. 31 Кодекса о земле, Указ Президента Республики Беларусь от 27 декабря 2007 г. № 667, Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 26 марта 2008 г. № 462), выкупа земельных участков для государственных нужд (ст. 73 Кодекса о земле), при залоге земельных участков (ст. 50 Кодекса о земле, ст. 10 Закона Республики Беларусь от 20 июня 2008 г. № 345-З) и в других случаях.

Целью исследования является анализ методик кадастровой оценки земель сельских населенных пунктов, земель, расположенных за пределами населенных пунктов, и применения полученных результатов кадастровой оценки земельных участков.

Исходными данными для исследований послужили отчеты о кадастровой оценке земель сельских населенных пунктов Глубокского района, о кадастровой оценке земель Глубокского района, расположенных за пределами населенных пунктов, садоводческих товариществ и дачных кооперативов, схемы оценочного зонирования территории Глубокского района, документы ЕГРНИ, данные государственного земельного кадастра, планово-картографические материалы, нормативные правовые акты. В процессе работы применялся монографический метод и метод статистического анализа.

Осуществление кадастровой оценки земель, расположенных за пределами населенных пунктов, садоводческих товариществ и дачных кооперативов, наряду с техническим кодексом ТКП 52.2.03–2011 (03150) «Порядок кадастровой оценки земель, расположенных за пределами населенных пунктов, садоводческих товариществ и дачных кооперативов» регулируется СТБ 52.0.01–2011 «Оценка стоимости объектов гражданских прав. Общие положения», СТБ 52.2.01–2011 «Оценка стоимости земельных участков», другими нормативными документами.

Согласно техническому кодексу установившейся практики 52.2.03–2011 кадастровая оценка земель, расположенных за пределами населенных пунктов, садоводческих товариществ и дачных кооперативов, осуществляется в следующем порядке:

- составление задания и заключение договора на проведение кадастровой оценки;
- сбор и анализ информации;
- определение предпосылок и ограничений;
- анализ рынка недвижимости;
- выбор методов расчета стоимости;
- оценочное зонирование;
- расчет кадастровой стоимости земель, расположенных за пределами населенных пунктов, садоводческих товариществ и дачных кооперативов;

– оставление и оформление отчета и заключения о кадастровой оценке земель [2].

Оценка земель Глубокского района, расположенных за пределами населенных пунктов, садоводческих товариществ и дачных кооперативов, производилась УП «Проектный институт Витебскгипрозем» по состоянию на 1 января 2013 г. Базовой основой определения кадастровой стоимости земель, расположенных за пределами населенных пунктов, садоводческих товариществ и дачных кооперативов, стали результаты кадастровой оценки земель сельских населенных пунктов района, проведенной Научно-производственным ГУП «Национальное кадастровое агентство». Так, по состоянию на 1 января 2010 г. в Глубокском районе были оценены земли 10 агрогородков, 64 хуторов и 326 деревень.

Актуализация сведений по состоянию на 1 января 2010 г. о кадастровых стоимостях земель по аналогичным видам использования в населенных пунктах района заключалась в приведении этих стоимостей на дату текущей кадастровой оценки (т. е. по состоянию на 1 января 2013 г.) и выполнялась с использованием результатов анализа рынка недвижимости.

Анализ рынка недвижимости проводился по сделкам купли-продажи застроенных земельных участков, расположенных за пределами населенных пунктов, садоводческих товариществ и дачных кооперативов Глубокского района (информация получена из реестра цен государственного земельного кадастра), а также по предложениям к продаже застроенных земельных участков, размещенных на интернет-сайтах и в местной периодической печати. В реестре цен государственного земельного кадастра за анализируемый период содержатся сведения о 542 сделках купли-продажи индивидуальных жилых домов в Глубокском районе.

Средняя цена по договорам купли-продажи жилых домов в Глубокском районе на окончание 2012 г. по отношению к окончанию 2009 г. увеличилась на 14 %. Следовательно, коэффициент темпа роста (падения) цен на недвижимость в Глубокском районе составил 1,14. Далее полученный коэффициент применялся к кадастровой стоимости земель населенных пунктов.

Построение нерегулярной сети точек, отражающих местоположение 400 сельских населенных пунктов Глубокского района с известными значениями кадастровой стоимости земель, выполнялся путем определения географических кодов населенных пунктов с их последующим наложением на картографическую основу зоны моделирования – Глубокский район (далее – характерные точки).

Построение модели кадастровой оценки осуществлялось путем создания растровой цифровой модели (GRID), которая представляет собой квадратную сеть, в узлах которой известны значения кадастровой стоимости и разбитую на неделимые элементы (пиксели) в пределах зоны моделирования. При создании GRID расстояние между узлами (шаг) определялось экспертным путем с учетом возможностей используемого программного обеспечения и особенностей зоны моделирования. В результате были использованы следующие параметры для построения модели кадастровой оценки с использованием программного продукта ArcMap:

- метод построения – IDW (ОВВ) обратно-взвешенных расстояний;
- количество характерных точек – 400;
- количество ближайших характерных точек, учитываемых при моделировании, – 12;
- размер элементов – 100 x 100 м.

По полученной кадастровой модели для каждого вида функционального использования земель были рассчитаны средневзвешенные по площади значения кадастровой стоимости 1 м² земель.

Основные статистические показатели кадастровой стоимости земель оценочных зон по состоянию на дату оценки представлены в таблице.

Как видно из приведенных данных, наибольшие кадастровые стоимости 1 м² земель Глубокского района, расположенных за пределами населенных пунктов, садоводческих товариществ и дачных кооперативов, характерны для общественно-деловой зоны. Так, среднее значение кадастровой стоимости 1 м² земель для данного функционального использования составило 0,31 USD. А наименьшие показатели имеют место при функциональном использовании земель в качестве рекреационной зоны. Среднее значение кадастровой стоимости 1 м² земель для данного функционального использования составило 0,08 USD.

Основные статистические показатели кадастровой стоимости земель оценочных зон по состоянию на 1 января 2013 г.

Вид функционального использования земель оценочной зоны	Кадастровая стоимость 1 м ² земель в оценочной зоне					
	min		max		среднее значение	
	бел. р.	USD	бел. р.	USD	бел. р.	USD
Общественно-деловая	1286	0,15	4885	0,57	2663	0,31
Жилая усадебная	857	0,10	3171	0,37	1734	0,20
Жилая многоквартирная	1114	0,13	4199	0,49	2294	0,27
Производственная	1028	0,12	3942	0,46	2129	0,25
Рекреационная	343	0,04	1200	0,14	679	0,08

В дальнейшем при определении кадастровой стоимости земель, расположенных за пределами населенных пунктов, садоводческих товариществ и дачных кооперативов, необходимо также учитывать информацию неформального рынка, поскольку, во-первых, формальный рынок недостоверен (цены в зарегистрированных сделках по различным причинам в ряде случаев отличаются от рыночной стоимости), во-вторых, удельный вес оборотоспособных прав незначителен, а отчуждение иных прав законодательно запрещено, но имеет место на неформальном рынке (ст. 5, 55 Кодекса о земле).

Л и т е р а т у р а

1. Кодекс Республики Беларусь о земле, 23 июля 2008 г., № 425-З. – Минск : Амалфея, 2012.
2. Оценка стоимости объектов гражданских прав. Порядок кадастровой оценки земель, расположенных за пределами населенных пунктов, садоводческих товариществ и дачных кооперативов: ТКП 52.2.03–2011 (03150). – Введ. 01.03.2011. – Минск : БелНИЦзем, 2011. – 20 с.

**АНАЛИЗ НАРУШЕНИЙ ЗЕМЕЛЬНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА,
ВЫЯВЛЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ**

Д. А. Новикова, М. С. Сидорова

Учреждение образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», г. Горки

Научный руководитель В. В. Савченко

Согласно Кодексу Республики Беларусь о земле государственный контроль за использованием и охраной земель – это деятельность государственных органов, на-

правленная на предотвращение, выявление и устранение нарушений законодательства об охране и использовании земель, осуществляемая в соответствии с законодательными актами [1].

Земельным правонарушением следует признать виновное, противоправное действие или бездействие, посягающее на земельный правопорядок и наносящее вред государственным или частным интересам собственников, владельцев или пользователей, в том числе арендаторов земли. Их профилактика, выявление и устранение – одна из основных функций, возложенных на специалистов землеустроительных служб исполнительных и распорядительных органов.

Целью исследования является анализ работы государственных инспекторов по использованию и охране земель в области выявления и устранения выявленных нарушений земельного законодательства на примере Брестской области в течение 2002–2013 гг.

В соответствии с п. 2 Указа Президента Республики Беларусь от 11 декабря 2009 г. № 622 «О совершенствовании порядка регулирования земельных отношений и осуществления государственного контроля за использованием и охраной земель» на землеустроительные службы местных исполнительных комитетов возложена функция осуществления государственного контроля за использованием и охраной земель, проведением и качеством землеустроительных, земельно-кадастровых работ [2].

Согласно данным отчетов об осуществлении государственного контроля за использованием и охраной земель в Брестской области землеустроительными службами за период с 1 января 2002 г. по 1 января 2013 г. на территории Брестской области было выявлено 2642 нарушения земельного законодательства.

Следует отметить, что в 2012 г. проведено 432 проверки соблюдения земельного законодательства, в результате чего было выявлено 480 земельных правонарушений на площади 474,8 га и выдано 1112 предписаний. По выявленным фактам нарушения земельного законодательства в 2012 г. в суды было направлено 71 дело об административном нарушении, по результатам рассмотрения которых к административной ответственности было привлечено 53 виновных лица, а сумма наложения штрафов составила 93870,0 тыс. р. Также госинспекторами было вынесено 409 постановлений о наложении административного взыскания на граждан и индивидуальных предпринимателей, при этом сумма наложенных штрафов составила 37099,5 тыс. р.

Из 480 нарушений земельного законодательства, выявленных в течение 2012 г., 54 (11 %) было совершено юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, а 426 (89 %) – гражданами Брестской области.

Наибольшее число правонарушений, выявленных в течение 2012 г., составляет неиспользование земель (377 правонарушений, или 79 %).

Согласно статьям 60 и 70 Кодекса Республики Беларусь о земле и п. 7 Указа Президента Республики Беларусь от 27 декабря 2007 г. № 667 «Об изъятии и предоставлении земельных участков», юридическое лицо, индивидуальный предприниматель в течение шести месяцев, а гражданин в течение одного года со дня получения свидетельства (удостоверения) о государственной регистрации создания земельного участка и возникновения права на него обязаны приступить к занятию данного участка в соответствии с целью и условиями его предоставления (начать строительство, иное освоение земельного участка) [1], [3].

К признакам, характеризующим данное правонарушение, относятся:

– не начато строительство объекта недвижимого имущества в случае, если земельный участок предоставлен для строительства и обслуживания данного объекта недвижимости (отсутствуют какие-либо постройки и временные сооружения, не заложен фундамент, участок не огражден);

– не начато иное освоение земельного участка в соответствии с целевым назначением и условиями его предоставления в случае, если земельный участок предоставлен для целей, не связанных со строительством и обслуживанием объектов недвижимого имущества;

– зарастание земель древесно-кустарниковой и сорной растительностью, отсутствие видимых признаков какой-либо сельскохозяйственной деятельности.

В течение 2012 г. в структуре нарушений земельного законодательства также имели место случаи самовольного занятия (64 нарушения, или 13 %), нецелевого использования (6 нарушений, или 1 %) земельных участков, нарушения сроков возврата временно занятых земель (21 нарушение, или 4 %) и др.

Согласно статье 72 Кодекса о земле самовольным занятием земельного участка является его использование без документа, удостоверяющего право на земельный участок. В соответствии со статьями 20, 21 Кодекса о земле и п. 7 Указа Президента Республики Беларусь от 27 декабря 2007 г. № 667 право на земельный участок возникает у гражданина, индивидуального предпринимателя или юридического лица с момента государственной регистрации этого права в организации по государственной регистрации и удостоверяется свидетельством (удостоверением) о государственной регистрации.

Самовольное занятие земельного участка выражается в его огораживании, иных мерах для воспрепятствования доступа на земельный участок других лиц, в возведении на нем различных сооружений, обработке и производстве посадок, посевов сельскохозяйственных и иных культур, т. е. такой деятельности, которая свидетельствует о том, что данный земельный участок принадлежит конкретному лицу при отсутствии у него права на землю.

Согласно статье 1 Кодекса о земле, целевое назначение земельного участка – это установленные решением об изъятии и предоставлении земельного участка порядок, условия и ограничения использования земельного участка для конкретных целей. В соответствии со статьей 5 Кодекса о земле, одним из основных принципов земельных отношений является использование земельных участков по целевому назначению. На основании статьи 35 Кодекса о земле предоставление земельных участков, находящихся в государственной собственности, осуществляется на основании решений об изъятии и предоставлении земельных участков в порядке, установленном Президентом Республики Беларусь. Наряду с общими требованиями в решении обязательно указывается цель предоставления земельного участка. Основным признаком, характеризующим данное правонарушение, является использование земельного участка не в соответствии с указанным в установленном порядке целевым назначением.

Использование земельного участка по истечении установленного срока, на который участок был предоставлен, является его несвоевременным возвратом. В соответствии со статьей 70 Кодекса о земле землепользователи обязаны вернуть предоставленные им во временное пользование или аренду земельные участки по истечении срока, на который они предоставлялись, либо своевременно обратиться за его продлением.

К административной ответственности в 2012 г. за самовольное занятие земель было привлечено 34 нарушителя земельного законодательства, а за нарушение сроков возврата временно занятых земель – 16 правонарушителей.

Следует отметить, что в течение 2012 г. было устранено 484 факта нарушения земельного законодательства, в том числе 426 гражданами (88 %). Эффективность ведения государственного контроля за использованием и охраной земель на территории Брестской области в части устранения выявленных правонарушений в различ-

ных районах колеблется от 0,04 в Жабинковском районе до 2,33 по результатам работы в Ивацевичском районе. В группу районов с отношением количества устраненных правонарушений к количеству выявленных, менее 1,00, вошло 62,5 % административно-территориальных единиц.

Для определения эффективности работы госинспекторов по выявлению земельных правонарушений могут быть использованы такие показатели, как количество выявленных правонарушений, приходящееся на 1000 землепользователей, или количество выявленных правонарушений, приходящееся на одного специалиста землеустроительной службы исполнительного комитета.

Наибольшее количество выявленных в 2012 г. нарушений земельного законодательства на 1000 землепользователей отмечено в г. Пинске (5,50), в то же время наименьшие показатели имеют место в Ляховичском районе Брестской области – 0,07. Наибольшее количество административно-территориальных единиц (14, или 73 %) входит в группу с выявленным числом нарушений земельного законодательства до 1,00 в расчете на 1000 землепользователей. Три административно-территориальные единицы включены в группу от 1,01 до 2,00 выявленных нарушений на 1000 землепользователей, что составляет 15 %. И лишь города Барановичи и Пинск (12 %) входят в группу с количеством выявленных правонарушений более 2,01 на 1000 землепользователей.

Говоря о количестве выявленных правонарушений, приходящемся на одного специалиста землеустроительной службы, следует отметить, что наибольшие показатели – 18,8 и 6,6 – имеют место соответственно в г. Пинске и г. Барановичи, а наименьшие показатели – 0,3 и 0,4 – в Ляховичском и Лунинецком районах области.

Из приведенных данных следует, что на территории Брестской области осуществляется государственный контроль за использованием и охраной земель, однако его эффективность по ряду показателей недостаточно высока. В качестве мер по повышению эффективности контрольных мероприятий можно рекомендовать дальнейшее структурно-функциональное совершенствование органов государственного контроля за использованием и охраной земель; повышение уровня их взаимодействия; усиление ответственности за нарушение земельного законодательства; повышение квалификации и требований к подбору государственных инспекторов по использованию и охране земель. Реализация предложений предполагает дальнейшее совершенствование нормативной правовой базы, регулирующей вопросы осуществления государственного контроля за использованием и охраной земель.

Литература

1. Республики Беларусь о земле, 23 июля 2008 г., № 425-3. – Минск : Амалфея, 2012.
2. О совершенствовании порядка регулирования земельных отношений и осуществления государственного контроля за использованием и охраной земель : Указ Президента Респ. Беларусь от 11 дек. 2009 г. № 622 // Консультант Плюс: Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2014.
3. Об изъятии и предоставлении земельных участков : Указ Президента Респ. Беларусь от 27 дек. 2007 г. № 667 // Консультант Плюс: Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2014.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ РЕГИОНОВ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

И. С. Мандрик

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

Научный руководитель Н. В. Пархоменко

В настоящее время заметная часть дозы облучения населения, проживающего на загрязненной территории, формируется за счет потребления пищевых продуктов леса. Вклад лесных экосистем через потребление съедобных грибов, ягод, мяса дичи и использование лесных сенокосов и пастбищ во внутреннюю дозу облучения населения и особенно работников лесного хозяйства в последние годы составляет от 30 до 80 %.

В результате аварии на ЧАЭС для отдельных районов Гомельской области характерны различные тенденции изменения площади лесных угодий. Так, в некоторых районах их площадь увеличилась, а в некоторых – сократилась. Данные, характеризующие изменение площади лесных угодий в загрязненных радионуклидами районах Гомельской области, представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Площадь лесных угодий загрязненных радионуклидами районов
Гомельской области в до- и послеаварийный период**

Район	Площадь лесных угодий, га	
	до аварии (1986 г.)	после аварии (2010 г.)
Брагинский	52028	46057
Кормянский	31384	33709
Наровлянский	93050	59490
Хойникский	83448	57905
Чечерский	56441	68273

Из приведенных в таблице данных видно, что площадь лесов в Брагинском, Наровлянском и Хойникском районах сокращается, а в Кормянском и Чечерском она наоборот увеличилась. Сокращение площади лесных угодий связано с большим уровнем загрязнения радионуклидами лесных массивов, при котором ведение лесного хозяйства является небезопасным, поэтому в данной ситуации оно является наиболее целесообразным вариантом. Однако в перспективе лесные угодья будут возвращаться к нормальному режиму хозяйствования. Увеличение лесной площади связано с тем, что после чернобыльской катастрофы в состав лесного фонда были переданы бывшие сельскохозяйственные земли в связи с невозможностью получения на них нормативно чистой продукции. Все переданные земли были обследованы на содержание в почве цезия-137, образованы лесные кварталы, намечены планы по лесоразведению.

В табл. 2 представлены данные об уровне и структуре загрязнения лесных угодий в наиболее загрязненных радионуклидами районах Гомельской области.

Таблица 2

Структура загрязнения лесных угодий в районах Гомельской области

Район	Всего загрязнено лесных угодий	В том числе цезием-137, Ки/ км ²			
		от 1 до 5	от 5 до 15	от 15 до 40	свыше 40
Брагинский	45084	38880	6115	89	–
Кормянский	33709	4007	21836	7225	641
Наровлянский	59490	14299	34634	10405	162
Хойникский	56742	41272	10980	4490	–
Чечерский	68194	15574	35365	13292	3963

Из приведенных в таблице данных видно, что среди изучаемых нами районов Гомельской области наибольшее загрязнение площади лесных угодий характерно для Чечерского района, причем как в качественной (по структуре загрязнения), так и в количественной (по площади загрязнения) форме.

Существующее распределение радионуклидов в лесных экосистемах указывает на предсказуемость и стабильность радиационной обстановки, которая, в свою очередь, требует активно заниматься контрмерами и реабилитацией лесных территорий, загрязненных аварийными выбросами ЧАЭС. О стабильности радиационного загрязнения лесных угодий (по цезию-137) Республики Беларусь свидетельствуют данные, представленные в табл. 3.

Таблица 3

Настоящее и прогнозное загрязнение лесного фонда цезием-137

Наименование лесного хозяйства	Площадь загрязнения почв цезием-137, тыс. га		
	на 01.01.2013 г.	2016 г.	2046 г.
Брестское	105,4 (8,3%)	74,8	26,3
Витебское	0,3 (0,02%)	0,3	0
Гомельское	884,7 (49%)	849,9	536,4
Гродненское	40,3 (4,5%)	23,9	2,2
Минское	41,3 (2,8%)	32,9	8,3
Могилевское	432,6 (36 %)	398,7	256,1
<i>Итого</i>	1504,6 (18,6 %)	1380,5	829,3

По данным, представленным в таблице, видно, что ожидается снижение уровня загрязнения лесных угодий, однако без проведения контрмер в лесном хозяйстве достижение запланированного результата невозможно. В первую очередь, необходимо разработать критерии и методологические основы реабилитации лесов. Организационной основой мероприятий по реабилитации должен стать план поэтапного перехода соответствующих лесных площадей с ограниченным режимом хозяйствования к площадям с более высоким уровнем лесопользования.

Реабилитация лесов после радиоактивного загрязнения определяется исключительно скоростью их автореабилитации. Все мероприятия по обеспечению реабилитации радиоактивно загрязненных лесов должны осуществляться в рамках Государ-

ственной программы минимизации последствий аварии на ЧАЭС и иметь гарантированную государственную финансовую поддержку. На сегодняшний день в лесах могут быть применены преимущественно пассивные контрмеры – ограничительного, организационного и технологического характера, характеристика которых в систематизированном виде представлена в табл. 4.

Таблица 4

Контрмеры, применяемые в лесном хозяйстве

Типы контрмер	Виды контрмер	Направленность
Ограничительные (общегосударственные)	Введение государственных гигиенических нормативов на содержание радионуклидов в пищевых продуктах леса, лекарственных растениях, древесине и продукции из древесины	Предотвращение производства продукции с содержанием радионуклидов выше допустимых уровней
Ограничительные (отраслевые)	Осуществление радиационного контроля лесной продукции	Предотвращение радиоактивного загрязнения продукции лесного хозяйства
Организационные	Вывод из лесохозяйственного пользования лесных насаждений с высокой плотностью загрязнения	Предотвращение переоблучения работников отрасли и местного населения
Радиационно-гигиенические	Внедрение индивидуального дозиметрического контроля работников, дозиметрический контроль рабочих мест, оснащения и техники	Соблюдение допустимого уровня облучения работников
Радиоэкологические	Обеспечение радиационного мониторинга лесов, радиационный контроль мест заготовки пищевых ресурсов леса, лекарственного сырья	Обеспечение радиоэкологической информацией административных органов, руководителей предприятий и местного населения
Технологические	Сортировка древесины по удельной активности радионуклидов, применение специальных технологических приемов переработки древесины	Получение лесопроductии с содержанием радионуклидов, которое не превышает нормативов

Необходимо отметить также важность такого мероприятия в рамках экологической политики по восстановлению загрязненных радионуклидами регионов, как информирование населения о радиационной обстановке в лесах на территории данных регионов. Информационные контрмеры характеризуются доступностью и многоплановостью информации как для специалистов лесного хозяйства, так и для населения. Достаточно полно, с постоянной актуализацией результатов радиационного обследования в лесах, контроля лесной продукции, мониторинга представлена информация на сайте Государственного учреждения радиационного контроля и радиационной безопасности «Беллесрад». Здесь также приводятся аналитические материалы о радиационной обстановке в лесах, особенностях радиоактивного загрязнения, динамике изменения ситуации в течение послеаварийного периода.

Для эффективной реализации защитных мероприятий разработаны требования к ведению лесного хозяйства в зонах радиоактивного загрязнения, радиационному контролю, мониторингу, которые отражены в нормативных и технических нормативных правовых актах.

Ежегодное радиационное обследование земель лесного фонда, участков лесопользования (лесосек), объектов лесного хозяйства и рабочих мест, радиационный контроль лесной продукции позволяют обеспечить соблюдение действующих норм и правил. Результаты радиационного контроля лесной продукции – древесины и изделий из нее, пищевых ресурсов, лекарственного растительного сырья, необходимы для принятия решений о проведении рубок леса, поставке дров, щепы для использования в качестве топлива, лесоматериалов и пилопродукции за пределы республики, а также грибов, ягод, березового сока. Вся реализуемая продукция сопровождается документами, подтверждающими ее радиационную безопасность – соответствие допустимым уровням содержания радионуклидов.

Таким образом, леса играют чрезвычайно важное экологическое, социальное и экономическое значение, и приостановление лесохозяйственной деятельности, лесопользования на загрязненных территориях не представляется возможным. Радиоактивное загрязнение нарушило устоявшийся режим ведения лесного хозяйства и потребовало внедрения новых подходов к проведению работ в зонах радиоактивного загрязнения. Для устойчивого управления лесами в зонах радиоактивного загрязнения введена и действует система защитных мер, которая включает: организационно-технические, технологические, ограничительные, информационные контрмеры. В число основных защитных мероприятий входят: лесовосстановление и лесоразведение, охрана лесов от пожаров, радиационный контроль и мониторинг, информирование.

СТАДИЯ МАРКЕТИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНОУБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ

В. К. Липская

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

Научный руководитель А. С. Сайганов

В современных экономических условиях Республики Беларусь для большинства предприятий сельскохозяйственного машиностроения весьма актуальным является повышение конкурентоспособности выпускаемой продукции. Повышение конкурентоспособности зерноуборочной техники оказывает влияние на уровень развития сельскохозяйственного машиностроения страны в целом и во многом определяет эффективность деятельности агропромышленного комплекса.

Анализ особенностей формирования конкурентоспособности зерноуборочной техники позволил выделить шесть стадий формирования конкурентоспособности производства зерноуборочной техники. Одной из стадий выступает стадия маркетинговых исследований. На этой стадии требования потребителей изучаются.

Маркетинговые исследования проводятся на стадии исследования и обоснования целесообразности разработки продукции с определенными показателями.

При этом главное внимание уделяется таким рыночным аспектам как оценка состояния и тенденций (конъюнктуры) развития рынка и его сегментов; исследование поведения потребителей; анализ деятельности конкурентов; поставщиков; посредников; изучение комплекса маркетинга, включающего управление товарным ассортиментом, ценообразование и разработку стратегии цен, формирование каналов сбыта продукции и направленное применение средств стимулирования. Так, например, анализ состояния закупок зерноуборочных комбайнов различной пропускной

способностью в Республике Беларусь показывает, что в последние годы здесь востребованы производительные зерноуборочные комбайны пропускной способностью не менее 12 кг/с. Данное обстоятельство связано с тем, что в Республике Беларусь возделыванием и уборкой урожая зерновых культур в основном заняты сельскохозяйственные организации, которые из-за климатических условий вынуждены проводить уборку хлебов в сжатые агротехнические сроки. Другая причина заключается в постоянном росте урожайности сельскохозяйственных культур. Кроме того, отмечается сокращение численности механизированных кадров на селе.

На рис. 1 показано распределение объемов закупок зерноуборочных комбайнов по пропускной способности в Республике Беларусь.

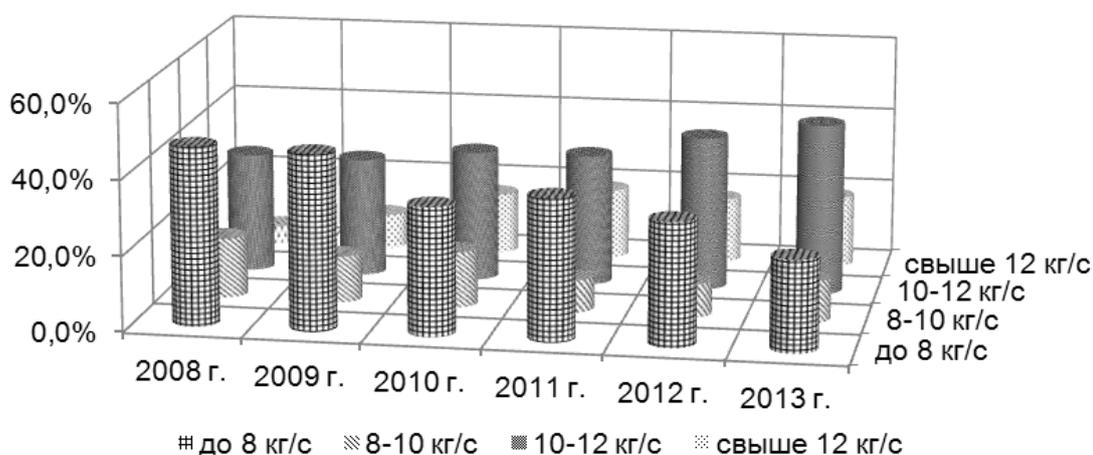


Рис. 1. Доли объемов закупок зерноуборочных комбайнов в Республике Беларусь за 2008–2013 гг. по диапазонам пропускной способности

Из приведенных данных видно, что в последние три года все приобретенные сельхозпроизводителями комбайны имели пропускную способность 12 кг/с и выше. При этом на долю комбайнов производства ПО «Гомсельмаш» приходилось 95,0%. Что касается объемов закупок комбайнов с низкой пропускной способностью, то в 2009 г. доля закупок комбайнов пропускной способностью до 8 кг/с составляла в нашей республике 2,2%, а в 2010–2013 гг. они вообще не закупались. Следовательно, для Беларуси целесообразно разрабатывать и производить высокопроизводительные зерноуборочные комбайны.

Аналогичный анализ был проведен на примере Российской Федерации, в которой наблюдается совсем другая картина. Из-за того, что в 90-е гг. в России образовалось большое количество относительно небольших фермерских хозяйств, требующих применения зерноуборочных комбайнов невысокой пропускной способности, здесь все еще пользуются спросом комбайны пропускной способностью до 8 кг/с (рис. 2).

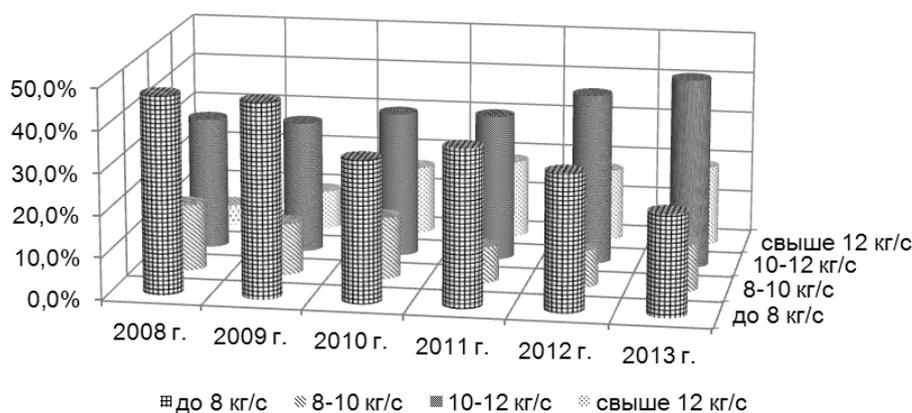


Рис. 2. Доли объемов закупок зерноуборочных комбайнов в Российской Федерации за 2008–2013 гг. по диапазонам пропускной способности

Из приведенных на рисунке данных видно, что в последние годы отмечается снижение доли закупаемых комбайнов пропускной способностью до 8 кг/с. Если в 2008 г. доля закупок комбайнов такой пропускной способности составляла 47,2 % от общего числа закупаемых комбайнов, то в 2012 г. она составила всего 24 %. Наряду с этим увеличивается доля закупаемых комбайнов пропускной способностью 10–12 кг/с. Если в 2008 г. доля закупок таких комбайнов составляла 31,8 % от общего числа закупаемых комбайнов, то в 2012 г. она увеличилась до 46 %. Главной причиной возросшего спроса на комбайны средней пропускной способностью является то, что в последние годы в Российской Федерации сформировались агрохолдинги, отмечается укрупнение фермерских хозяйств и действует программа, предусматривающая оснащение машинно-технологических станций производительной техникой.

На стадии маркетинговых исследований также целесообразно изучение парка зерноуборочных комбайнов. Известно, что парк зерноуборочных комбайнов Беларуси во времена СССР состоял, в основном, из зерноуборочных комбайнов СК-4, СК-5 «Нива», СК-6 «Колос», «Дон-1500» производства «Ростсельмаш» и в 1990 г. насчитывал 30,3 тыс. машин. После распада СССР поставки зерноуборочных комбайнов резко снизились, в результате чего значительно сократился и сам парк, который с 1992 г. лишь незначительно пополнялся комбайнами российского производства и фирм дальнего зарубежья (Германии, США, Польши и других стран). На начало уборки 2000 г. количество зерноуборочных комбайнов в парке сократилось до 18,3 тыс. ед. в основном морально и физически устаревших машин, что привело к большим потерям урожая при уборке.

Таким образом, в 2000 г. парк зерноуборочных комбайнов Республики Беларусь состоял примерно из 18 тыс. машин. При этом средняя пропускная способность одного комбайна такого парка была около 7 кг/с. Основная доля приходилась на комбайны СК-5 «Нива» пропускной способностью около 5 кг/с и «Дон-1500» пропускной способностью 8–9 кг/с. Максимальная пропускная способность в то время обеспечивалась комбайнами «Mega-218» фирмы «Claas» – до 11 кг/с, количество которых в парке страны не превышало 0,3 %.

Ныне парк зерноуборочных комбайнов Беларуси сократился более чем в 1,5 раза и составляет чуть больше 11 тыс. машин. Характерной особенностью данной тенденции является то, что растет средняя пропускная способность комбайна парка, которая в 2013 г. составила 10,3 кг/с. Изменение средневзвешенной пропускной способности парка зерноуборочных комбайнов Республики Беларусь приведено на рис. 3.

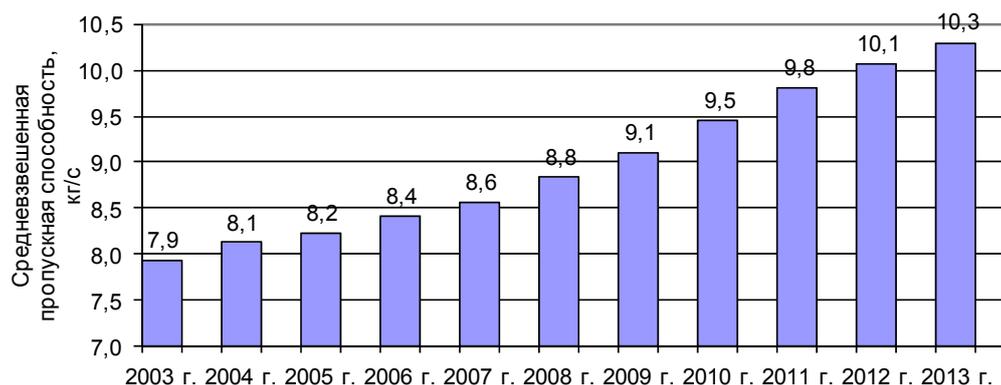


Рис. 3. Изменение средневзвешенной пропускной способности парка зерноуборочных комбайнов Республики Беларусь

Анализ свидетельствует, что подавляющая часть имеющегося парка (80,1 %) приходится на комбайны отечественного производства, представленные шестью моделями производства ПО «Гомсельмаш» и ОАО «Лидагропроммаш», которые позволяют эффективно работать в хозяйствах с урожайностью зерновых от 20–25 ц/га до 70 ц/га и выше (рис. 4).

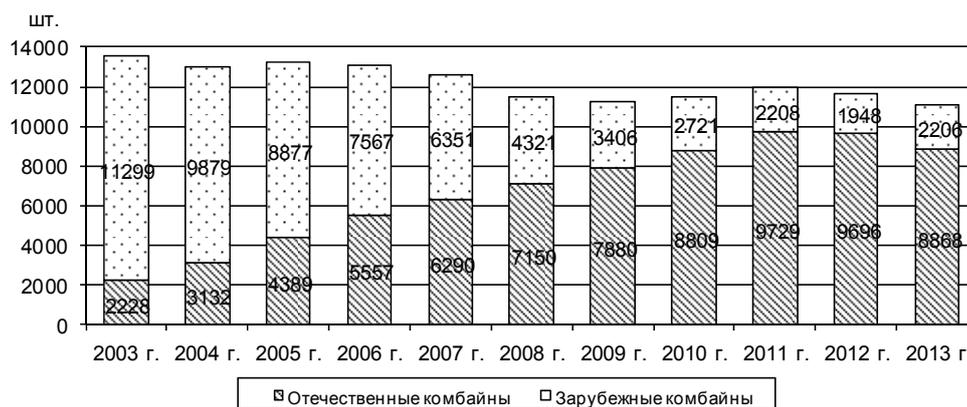


Рис. 4. Динамика парка зерноуборочных комбайнов

Сравнительный анализ количественного состава парка зерноуборочных комбайнов показывает, что и в дальнейшем является целесообразным осуществлять собственное производство зерноуборочных комбайнов, с таким расчетом, чтобы полностью переоснастить его комбайнами отечественного производства.

Таким образом, проведение маркетинговых исследований позволяет детально изучить требования потребителей, которые будут формироваться, учитываться, обеспечиваться и проявляться на всех последующих стадиях формирования конкурентоспособности производства зерноуборочной техники.

ПРИМЕНЕНИЕ ТРИГЕНЕРАЦИОННОЙ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ, РАБОТАЮЩЕЙ НА ОТХОДАХ МЯСОПЕРЕРАБОТКИ (НА ПРИМЕРЕ ОАО «КАЛИНКОВИЧСКИЙ МЯСОКОМБИНАТ»)

А. В. Засименко, В. А. Мороз

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

Научные руководители: Т. В. Алферова, О. А. Полозова

По мере роста цен на нефть и природный газ все более популярным в мире становится применение вторичных энергоносителей. Одним из эффективных способов получения энергии в будущем может стать использование в качестве топлива биогаза.

Биогаз – это смесь метана и углекислого газа, образующихся в процессе анаэробного (бескислородного) сбраживания биомассы в специальных реакторах – ферментерах.

При сжигании 1 м^3 биогаза выделяется около $9 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ тепловой энергии или вырабатывается $1,5\text{--}2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ электроэнергии, причем электричество без перепадов напряжения, как в общественной сети.

В качестве примера рассмотрим целесообразность применения биогазовой установки, работающей на отходах мясоперерабатывающего производства ОАО «Калинковичский мясокомбинат», для покрытия собственных нужд предприятия в электрической и тепловой энергии.

В настоящее время энергоснабжение предприятия осуществляется по стандартной схеме: электроснабжение и собственная котельная. КПД такой схемы составляет 56 %. Затраты предприятия на холодоснабжение составляют более 50 % потребляемой электроэнергии, поэтому основное внимание нужно обратить на работу холодильных установок. Модернизация энергоснабжения предприятия на базе тригенерационной установки позволяет организовать максимально эффективную схему энергоснабжения предприятия, при этом увеличив КПД установки до 90 %. На рис. 1 представлена сравнительная характеристика производства тепла, электроэнергии и когенерации.



Рис. 1. Сравнительная характеристика раздельного производства электроэнергии, тепла и когенерации

Тригенерационная установка на базе газопоршневого двигателя представляет собой комплекс инженерных сооружений для одновременной выработки электрической, тепловой энергии и холода, состоящий из устройств:

- подготовки сырья;
- производства биогаза;
- производства электроэнергии, тепла и холода;
- автоматизированной системы управления установкой.

В качестве электрогенерирующего оборудования на производстве ОАО «Калинковичский мясокомбинат» предлагается использование когенерационного модуля 420 GS-N/B.LC производства GE Jenbacher (Австрия) совместно с одноступенчатой абсорбционной машиной на горячей воде BROAD BDH-65 хладопроизводительностью 663 кВт. Основные технико-экономические показатели когенерационного модуля приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Основные технико-экономические показатели
когенерационного модуля 420 GS-N/B.LC**

Основные параметры	Единицы измерения	Значение
<i>Двигатель</i>		
Расход топлива	нм ³ /ч	351
Электрическая мощность	кВт	1403
Тепловая мощность при охлаждении до 120	кВт	1461
Электрический КПД	%	42,1
Тепловой КПД	%	43,8
Общий КПД	%	85,9
Срок службы	лет	28
<i>Выработка за год</i>	кВт · ч	11785290
Потребление электроэнергии на нужды предприятия	кВт · ч	9097440
Отпуск на сторону	кВт · ч	2687760
Выработка тепловой энергии для производства холода	Гкал	6789,07
Суммарная выработка энергии	Гкал	10769,64

Источниками сырья для выработки биогаза и последующей генерации энергии на предприятии ОАО «Калинковичский мясокомбинат» могут служить: жир чистый, жир из жироловок и отходы бойни. В табл. 2 представлен выход газа на 1 т сырья.

Таблица 2

Выход газа на 1 т сырья

Тип сырья	Выход газа, м ³ /т сырья
Жир чистый	1300
Жир из жироловок (жировая пульпа)	250
Отходы бойни (кровь, кныга, мягкие ткани)	250–500

Количество биогаза, которое можно получить из собственного сырья составляет в среднем $V_6 = 3700 \text{ м}^3$ в сутки.

Для увеличения выхода биотоплива используется добавка ZorgEnzym – смесь из энзимов, пробиотиков и микроэлементов (производство Германия). Применение добавки позволяет:

- увеличить выход биогаза до 40 % без изменения конструкции установки;
- снизить трудоемкость работы оператора за счет стабилизации процесса сбраживания;
- повысить содержание метана в биогазе.

График увеличения выхода биогаза при использовании энзимов показан на рис. 2.

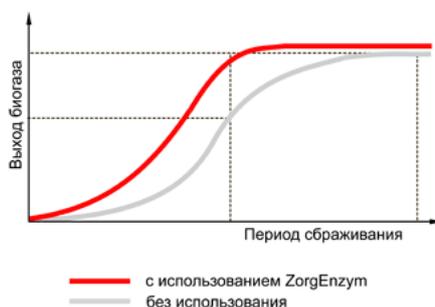


Рис. 2. Увеличение выхода биогаза при использовании энзимов

Расход добавки составляет 1–2 г на 1 кВт установленной мощности биогазовой установки, или 50–100 г на 1 т органического сухого вещества.

Стоимость добавки ZorgEnzym – 42 евро/кг.

С учетом действия добавки предприятие производит в сутки биогаза, м^3 :

$$V = V_6 \cdot 1,4 = 3700 \cdot 1,4 = 5180 \text{ м}^3.$$

При этом себестоимость биогаза $C_6 = 14,57$ евро/тыс. м^3 . Для сравнения: стоимость природного газа составляет $C_{\text{пр.г}} = 198,15$ евро/тыс. м^3 .

Количество выработанного биогаза позволяет покрыть 62 % потребности тригенерационной установки в топливе.

Для расчета работы тригенерационной биогазовой установки принимаем число часов использования тепловой и электрической мощности $T = 8500$ ч/год, т. е. работу энергомодуля в течение всего года за вычетом времени остановки оборудования на техническое обслуживание.

Оценка экономической эффективности и срока окупаемости тригенерационной биогазовой установки с учетом инвестиций представлена в табл. 3.

Таблица 3

Расчет срока окупаемости инвестиций в тригенерационную биогазовую установку на ОАО «Калинковичский мяскокомбинат»

Показатели	Единицы измерения	Значение
Стоимость оборудования с учетом транспортных расходов	евро	1168000
НДС, 20 %	евро	210240
Стоимость оборудования с НДС	евро	1378240
Стоимость строительно-монтажных работ с НДС, 40 %	евро	551296

Окончание табл. 3

Показатели	Единицы измерения	Значение
Пуско-наладочные работы, 10 %	евро	137182,4
Проектные работы, 15 %	евро	206736
<i>Итого инвестиций с учетом НДС</i>	евро	2150054,4
Доходы проекта (за период эксплуатации)	евро	
Доход от продажи излишек электроэнергии потребителю	евро	23617835,27
Доход от продажи излишек электроэнергии в энергосистему	евро	4805138
Доход от производства тепловой энергии	евро	2002181594
<i>Итого доходы проекта от собственного производства энергоносителей</i>	евро	48444789,2
Срок окупаемости с начала эксплуатации	лет	2,61
Себестоимость производства электроэнергии	евро/кВт · ч	0,0272
Себестоимость отпуска электроэнергии	евро/кВт · ч	0,0278

Себестоимость производства электроэнергии с использованием тригенерационной биогазовой установки в 3,6 раза дешевле энергии, получаемой из объединенной системы «Белэнерго».

Согласно полученному сроку окупаемости $T_{ок} = 2,61$ лет, данный проект является экономически эффективным и рентабельным, так как вместо использования первичных энергоресурсов предполагает использование вторичных – биотоплива, что позволяет снизить энергетическую составляющую выпускаемой продукции, а излишки электроэнергии продавать в объединенную систему «Белэнерго» по повышенному на 30 % тарифу (в первые 10 лет после ввода биогазовой установки в эксплуатацию).

Литература

1. Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь : утв. Указом Президента Респ. Беларусь от 17 сент. 2007 г. № 433.

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

В. С. Иванова

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

Научный руководитель Н. В. Пархоменко

В современных условиях усиления конкуренции товаропроизводителей на внутреннем и внешнем рынках возникает необходимость количественного измерения технологических, производственных, финансовых и сбытовых возможностей, образующих конкурентный потенциал организации. Проблема анализа и оценки

конкурентоспособности сейчас актуальна для белорусских предприятий, находящихся в предкризисном состоянии в силу частичного износа основных производственных фондов, недостаточного иностранного инвестирования важнейших направлений лесной промышленности, стремительных технологических изменений, происходящих под влиянием научно-технического прогресса.

Положительная динамика конкурентоспособности дает возможность привлекать долгосрочные финансовые ресурсы, что является особенно актуальным для большинства белорусских организаций и рынка в целом.

В настоящее время в современной теории и практике отсутствует общепринятая методика оценки конкурентоспособности предприятий лесопромышленного комплекса, отдельные подходы, используемые в зарубежной литературе, довольно сложно применить к современной белорусской действительности. В связи с этим, для определения эффективности ведения практической деятельности предприятия необходимым является разработка собственного метода оценки конкурентоспособности организаций лесопромышленного комплекса.

Нами разработан методический подход, позволяющий учесть отраслевые особенности, быстро провести анализ конкурентоспособности в сравнении с ключевыми конкурентами, а также разработать эффективные мероприятия по повышению устойчивости предприятия на рынке путем построения многоугольника конкурентоспособности предприятия.

Его суть состоит в поэтапном определении комплексного показателя конкурентоспособности, численно равного площади многоугольника, рассчитанной на основе балльной сравнительной оценки конкурентных преимуществ предприятия, включающих частные индикаторы и в последующей графической визуализации результатов сравнения в форме фигуры.

Согласно предложенному методическому подходу, рассматриваемый многоугольник состоит из девяти граней, каждая из которых соответствует обобщенной оценке частных индикаторов по отдельным, наиболее важным конкурентным преимуществам.

Для построения многоугольника конкурентоспособности достаточно пройти четыре последовательных этапа анализа: 1. Определение ключевых конкурентных преимуществ предприятия, которые влияют на приверженность и удовлетворенность товаром, прибыль от продажи товара и привлекательность товара для целевой аудитории (результаты анализа представлены в табл. 1); 2. Оценка конкурентоспособности предприятия и предприятия конкурентов по 10-балльной шкале, где 1 – самый низкий балл, а 10 – максимальный балл; 3. Построение многоугольника, а также выявление сильных и слабых сторон предприятия; 4. Формирование плана действий по улучшению конкурентоспособности предприятия по тем критериям, которые ниже конкурентов (идеального состояния).

Таблица 1

Сводная таблица результатов оценки удовлетворенности трудом

Конкурентное преимущество предприятия	Значимость для формирования конкурентоспособности предприятия	Перечень частных индикаторов, соответствующего конкурентного преимущества
1. Управление качеством продукции	Увеличение дохода (выручки) и прибыли, при неизменной себестоимости за счет расширения сбыта и увеличения объема продаж.	1.1. Классификационные показатели; 1.2. Показатель надежности; 1.3. Показатель транспортабельности; 1.4. Показатели технологичности: – коэффициент использования материалов; – показатель удельной себестоимости; 1.5. Показатель дефектности; 1.6. Эстетический показатель
2. Состояние лесного фонда предприятия	Снижение капитальных затрат на улучшение земель, а также повышение качества продукции, что способствует росту выручки и прибыли за счет расширения сбыта, увеличения объема продаж и снижения себестоимости продукции	2.1. Индекс оценки породной структуры; 2.2. Индекс оценки возрастной структуры; 2.3. Индекс оценки среднего запаса на 1 га спелых древостоев; 2.4. Капитальные затраты на улучшение земель; 2.5. Индекс площади покрытых лесом земель
3. Финансовое состояние предприятия	Показатели финансового состояния характеризуют темпы роста производства на предприятии, а чем выше темпы роста производства на предприятии, тем выше выручка от реализации продукции, а следовательно, и прибыль	3.1. Коэффициент абсолютной ликвидности; 3.2. Коэффициент обеспеченности собственными средствами; 3.3. Коэффициент автономии; 3.4. Доля заемных средств; 3.5. Коэффициент инвестирования; 3.6. Рентабельность: – собственного капитала; – активов; 3.7. Коэффициент оборачиваемости: – рабочего капитала; – основных средств; – активов; – запасов; – дебиторской задолженности
4. Эффективность сбытовой деятельности	Рост объемов реализованной продукции и как следствие, увеличения выручки, формирование положительного образа предприятия в глазах общественности, имиджа предприятия, что опять же положительно сказывается на его деятельности	4.1. Выручка от реализации; 4.2. Расходы на реализацию; 4.3. Точка безубыточности предприятия; 4.4. Показатель безопасности коммерческой деятельности; 4.5. Удельный вес экспорта; 4.6. Рентабельность продаж; 4.7. Число каналов сбыта; 4.8. Ширина ассортимента; 4.9. Глубина ассортимента; 4.10. Высота ассортимента
5. Эффективность взаимодействия с внешней средой	Привлечение большего числа потребителей ведет к росту объемов продаж, формирование устойчивых связей позволяет сократить затраты на поиск поставщиков, получение скидок и т. д.	5.1. Удельный вес контрактов с иностранными предприятиями; 5.2. Количество поставщиков природных, трудовых ресурсов, материалов, капитала; 5.3. Дебиторская задолженность; 5.4. Пунктуальность и обязательность при выполнении договоров
6. Кадровая политика управления персоналом	Рост объемов производства, снижению затрат на поиск сотрудников, а также повышение заинтересованности трудом ведет к улучшению качества продукции	6.1. Общий коэффициент текучести кадров; 6.2. Коэффициент оборота кадров; 6.3. Коэффициент внутренней текучести кадров; 6.4. Коэффициент стабильности кадров; 6.5. Коэффициент приема кадров; 6.6. Показатель удовлетворенности трудом
7. Природоохранный характер деятельности	Способствует более эффективному использованию лесного фонда, за счет увеличения доли спелых древостоев	7.1. Общая экономическая эффективность затрат экологического характера; 7.2. Показатель эффективности инвестиций

Окончание табл. 1

Конкурентное преимущество предприятия	Значимость для формирования конкурентоспособности предприятия	Перечень частных индикаторов, соответствующего конкурентного преимущества
8. Эффективность инновационной деятельности	Практическое использование идей и изобретений приводит к созданию лучших по своим свойствам изделий, технологий, а это приводит к увеличению прибыли предприятия	8.1. Затраты на инновационную деятельность, в том числе: – научные исследования и разработки новой продукции и методов ее производства; – новых технологий; – приобретение машин и оборудования; 8.2. Объем отгруженной инновационной продукции
9. Производственная деятельность	Результатом производственной деятельности предприятия является выпуск продукции, выручка от реализации этой продукции и, в конечном счете, получение прибыли	9.1. Эффективность использования активов: – основных средств; – оборотных средств; 9.2. Трудовые ресурсы: – производительность труда; – затратно-емкость; – прибыль в расчете на одного работника; 9.3. Удельный вес простоев

Оценка каждого частного индикатора выполняется путем присвоения определенного балла, путем сравнения с базовым значением.

В качестве базового значения предлагаются следующие варианты:

1. Нормативные значения, установленные законодательно, используемые при расчете классификационных, эстетических показателей и показателя надежности.

2. Среднеотраслевые значения, используемые при расчете рентабельности собственного капитала, реализованной продукции, продаж и активов, коэффициента оборачиваемости активов и дебиторской задолженности, выручки от реализации, коэффициента внутренней текучести кадров и приема кадров.

3. Значение показателя, равное единице (100 %), используемое при расчете показателей технологичности, дефектности, безопасности коммерческой деятельности, удовлетворенности трудом, индекса оценки породной и возрастной структуры, оценки среднего запаса на 1 га спелых древостоев, площади покрытых лесом земель, коэффициента абсолютной ликвидности, обеспеченности собственными средствами, автономии, инвестирования, оборота кадров, стабильности кадров, доли заемных средств, удельного веса контрактов с иностранными предприятиями, доли дебиторской задолженности и удельного веса простоев.

4. Экспертная оценка, используемая при невозможности осуществления объективной оценки при расчете всех остальных частных индикаторов.

На основе полученных балльных значений частных индикаторов рассчитывается в рамках каждого направления (конкурентного преимущества) обобщающий показатель с использованием формулы средней арифметической простой.

Данный подход нами апробирован в ходе анализа деятельности лесопромышленного отдела объединения ОАО «Гомельдрев».

Результаты расчета обобщающих показателей, характеризующих деятельность, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Расчет обобщающих показателей

Конкурентное преимущество предприятия	Балльное значение обобщающего показателя, балл
1. Управление качеством продукции	7,16
2. Состояние лесного фонда предприятия	6,00
3. Финансовое состояние предприятия	5,09
4. Эффективность сбытовой деятельности	3,27
5. Эффективность взаимодействия с внешней средой	5,75
6. Кадровая политика управления персоналом	6,16
7. Природоохранная деятельность	5,00
8. Эффективность инновационной деятельности	5,25
9. Эффективность производственной деятельности	6,00

Рассчитав и графически визуализировав все показатели в сравнении с идеалом, можно наглядно выделить слабые и сильные стороны предприятия. В нашем примере к сильным сторонам предприятия относятся качество продукции, состояние лесного фонда и кадровая политика предприятия.

В свою очередь, для повышения уровня конкурентоспособности необходимо разработать мероприятия по улучшению сбытовой, инновационной и природоохранной деятельности предприятия.

НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

И. И. Смолякова

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

Научный руководитель Н. В. Пархоменко

Производственный потенциал предприятия представляет собой совокупность технологически сбалансированных ресурсов (трудовых, материальных, земельных), с помощью которых возможно получить нормативный объем продукции при сложившихся условиях производства и производственных отношениях.

Основное значение производственного потенциала сельскохозяйственного предприятия заключается в создании новых стоимостей, при этом его элементы должны целенаправленно адаптироваться к требованиям изготавливаемой продукции. На эффективность использования составляющих потенциала оказывает существенное влияние степень нормативно-правового обеспечения, что обуславливает актуальность темы исследования.

Проанализировав существующие законодательные акты и нормативы, можно сгруппировать основные из них по элементам производственного потенциала, формирование и использование которых они регулируют (таблица).

**Нормативно-правовые акты, регулирующие формирование
и использование производственного потенциала**

Элемент потенциала	Законодательные акты и нормативы
Земельные ресурсы	Конституция Республики Беларусь от 15 марта 1994 г.; Кодекс о земле от 23 июля 2008 г. № 425-3; Водный кодекс от 15 июля 1998 г. № 191-3; Кодекс о недрах от 14 июля 2008 г. № 406-3; Лесной кодекс от 14 июля 2000 г. № 420-3; Закон «Об аренде» от 12 декабря 1990 г.; Указ Президента Республики Беларусь от 1 марта 2010 г. № 101 «О взимании арендной платы за земельные участки, находящиеся в государственной собственности»; ГОСТ 26640–85 «Земли. Термины и определения»; ГОСТ 17.4.3.02–85 «Охрана природы. Почвы. Требования к охране плодородного слоя почвы при производстве земляных работ» и др.
Трудовые ресурсы	Конституция Республики Беларусь от 15 марта 1994 г.; Гражданский кодекс от 7 декабря 1998 г. № 218-3; Трудовой кодекс от 26 июля 1999 г. № 296-3; Закон «Об охране труда» от 1 июля 2008 г.; Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 09.11.1999 № 1748 «О дополнительных мерах материального стимулирования высокопроизводительного и качественного труда»; ГОСТ 12.2.002–91 «Система стандартов безопасности труда. Техника сельскохозяйственная. Методы оценки безопасности»; СанПиН 9-104 РБ 98 «Санитарные правила и нормы по гигиене труда и промышленной экологии на животноводческих предприятиях» др.
Основные средства	Закон Республики Беларусь «О предприятиях» от 14 декабря 1990 г. № 462-ХП; Закон «Об аренде» от 12 декабря 1990 г.; ГОСТ 7751–2009 «Техника, используемая в сельском хозяйстве. Правила хранения»; ГОСТ 12.2.139–97 «Техника сельскохозяйственная. Ремонтно-технологическое оборудование. Общие требования безопасности»; ГОСТ 12492.0–90 «Прокат для сельскохозяйственных машин. Общие технические условия»; ГОСТ 20793–2009 «Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание» и др.
Оборотные средства	Закон «Об аренде» от 12 декабря 1990 г.; Указ Президента Республики Беларусь от 31 декабря 2006 г. № 764 «Вопросы обязательного страхования сельскохозяйственных культур, скота и птицы»; ГОСТ 20432–83 «Удобрения. Термины и определения»; ГОСТ 23954–80 «Удобрения минеральные. Правила приемки»; ГОСТ 18221–99 «Комбикорма полнорационные для сельскохозяйственной птицы. Технические условия»; ГОСТ 25954–83 «Животные племенные сельскохозяйственные. Методы определения параметров продуктивности свиней»; ГОСТ 18292–85 «Птица сельскохозяйственная для убоя. Технические условия»; ГОСТ 28731–90 «Птица сельскохозяйственная. Зоотехнические требования к содержанию бройлеров» и др.

Основной закон Республики Беларусь, имеющий высшую юридическую силу, – Конституция – содержит положения о том, что земли сельскохозяйственного назначения, недра, воды, леса находятся в собственности государства, а государство гарантирует всем равные возможности свободного использования способностей и имущества для предпринимательской и иной не запрещенной законом экономической деятельности.

Правовые аспекты формирования и использования производственного потенциала содержатся и в нормативных актах следующего уровня – кодексах (о земле, о недрах, водном, лесном, гражданском, трудовом).

Землям сельскохозяйственного назначения посвящен IV раздел Кодекса о земле Республики Беларусь (главы 18, 19), который регулирует земельные отношения и направлен на рациональное использование и охрану земель, равноправное развитие различных форм хозяйствования на земле. Сельскохозяйственным предприятиям земельные участки предоставляются в постоянное пользование для ведения товарного сельского хозяйства. Также они могут дополнительно арендовать земельные участки (ст. 99).

Трудовой кодекс регулирует все аспекты формирования и использования трудовых ресурсов: права и обязанности работников, оплату труда, гарантии и компенсации, рабочее время, перерывы, трудовые и социальные отпуска, трудовую дисциплину, ответственность, нормы охраны труда и др. Особенности регулирования рабочего времени и времени отдыха работников организаций сельского хозяйства описаны в ст. 317.

Порядок использования трудовых ресурсов регулирует Закон «Об охране труда», который направлен на реализацию установленного Конституцией Республики Беларусь права граждан на здоровые и безопасные условия труда.

Правовые аспекты формирования и использования имущества освещены в Законе Республики Беларусь «О предприятиях». Он распространяется на все предприятия, действующие на территории Республики Беларусь, в том числе и сельскохозяйственные. В главе 8 «Владение и пользование природными ресурсами» определяется порядок владения и пользования природными ресурсами, обязанность предприятия по осуществлению природоохранных мероприятий, ответственность за нерациональное использование ресурсов.

Закон «Об аренде» предусматривает перестройку общественных отношений, которая способствовала бы созданию возможностей для эффективного использования земли, других природных ресурсов и имущества в народном хозяйстве, усилению заинтересованности трудовых коллективов и отдельных граждан в развитии производства и улучшении качества продукции, более полному удовлетворению социальных и иных потребностей граждан.

Указ Президента Республики Беларусь от 1 марта 2010 г. № 101 «О взимании арендной платы за земельные участки, находящиеся в государственной собственности» определяет, что арендная плата не взимается с плательщиков налога при упрощенной системе налогообложения за сельскохозяйственные земли сельскохозяйственного назначения (пахотные земли, залежные земли, земли под постоянными культурами, луговые земли).

Указ Президента Республики Беларусь от 31 декабря 2006 г. № 764 «Вопросы обязательного страхования сельскохозяйственных культур, скота и птицы» определяет порядок обязательного страхования сельскохозяйственной продукции, скота и птицы; объекты, которые не подлежат страхованию; описание страховых случаев; перечень сельскохозяйственных культур, скота и птицы и соответствующие им страховые тарифы по областям Республики Беларусь и др.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 09.11.1999 № 1748 «О дополнительных мерах материального стимулирования высокопроизводительного и качественного труда» устанавливает различные показатели премирования и соответствующие вознаграждения, такие как, например, повышение тарифной ставки в связи с высокопроизводительным и качественным трудом до 25 %; размер премий за высокопроизводительный и качественный труд в размере не менее 50 % от причитающейся премии и др.

В Республике Беларусь принят ряд нормативно-правовых актов, регулирующих формирование и использование отдельных составляющих производственного потенциала сельскохозяйственного предприятия, однако для повышения эффективности их использования требуется проведение дальнейшей работы по созданию нормативных актов с учетом всех специфических особенностей сельскохозяйственной отрасли.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРАВОВЫХ ФОРМ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

К. С. Фесенко

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

Научный руководитель Н. В. Пархоменко

Период перехода аграрного сектора экономики Республики Беларусь к рыночным отношениям сопровождался спадом производства в общественном секторе, структурными преобразованиями, изменениями в кадровом составе и численности занятых в сельском хозяйстве. В это же время происходило увеличение объемов выращивания продукции сельского хозяйства в мелкотоварном секторе экономики.

В Республике Беларусь к субъектам хозяйствования, осуществляющим свою деятельность, связанную в той или иной степени с производством сельскохозяйственной продукции на земельных участках различного целевого назначения, относятся юридические (коммерческие и некоммерческие организации) и физические (граждане) лица [2]. В теоретическом аспекте для условий Беларуси критерием определения уровня товарного производства может выступать землепользование субъекта хозяйствования. В соответствии с земельным законодательством организациям-производителям сельскохозяйственной продукции земельные участки предоставляются для ведения товарного или подсобного сельского хозяйства в пользование, аренду.

Рассматривая влияние различных организационно-правовых форм хозяйствования на формирование основных параметров продовольственной безопасности, для наглядности динамики следует обратиться к индексам производства продукции сельского хозяйства по категориям хозяйств за период с 2000 по 2011 г. (рис. 1).

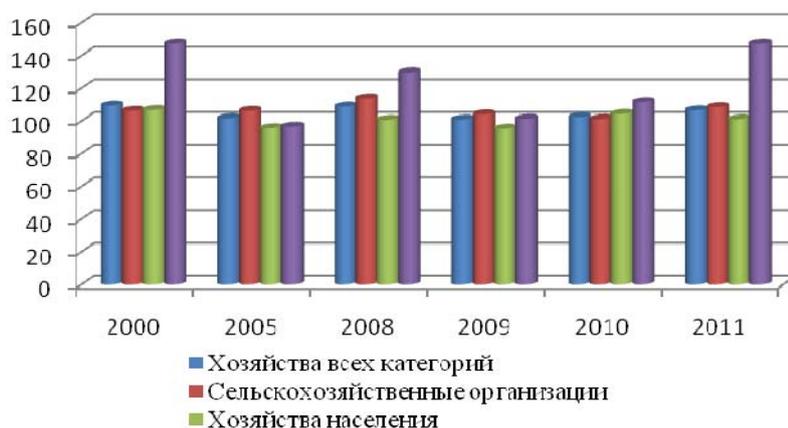


Рис. 1. Индексы производства продукции сельского хозяйства

Период с 2009 по 2011 г. характеризуется положительной динамикой роста индексов сельскохозяйственного производства по всем категориям хозяйств, однако наиболее стремительный рост отмечается по крестьянским (фермерским) хозяйствам (со 101,4 до 147,3 %). Индекс производства в хозяйствах населения в 2011 г. характеризуется снижением на 3,2 %, однако темп прироста составляет 1,2 процентных пункта относительно 2010 г.

По состоянию на 1 января 2012 г. в Республике Беларусь насчитывалось 2338 фермерских хозяйств, что на 293 хозяйства больше, чем в 2010 г. Средний размер участка на одно хозяйство составил 62,0 га [1]. Обратимся к динамике производства основной сельскохозяйственной продукции по категориям хозяйств за период с 2000 по 2011 г. (табл. 1).

Таблица 1

**Структура производства основных видов
сельскохозяйственной продукции по категориям хозяйств**

Наименование продукции		Год					
		2000	2005	2008	2009	2010	2011
Сельскохозяйственные организации	зерновые и зернобобовые	91,0	89,5	93,4	93,4	93,6	94,7
	сахарная свекла	98,9	98,2	98,6	98,8	98,6	98,6
	картофель	13,6	7,4	11,1	10,2	11,1	15,7
	овощи	19,0	11,0	16,7	14,4	12,9	21,0
	мясо	71,8	78,4	83,5	85,2	86,2	86,9
	молоко	59,5	73,2	82,5	84,6	86,5	89,5
	яйца	62,6	61,9	65,9	66,8	67,7	64,6
Хозяйства населения и крестьянские (фермерские) хозяйства	зерновые и зернобобовые	9,0	10,5	6,6	6,6	6,4	5,3
	сахарная свекла	1,1	1,8	1,4	1,2	1,4	1,4
	картофель	86,4	92,6	88,9	89,8	88,9	84,3
	овощи	81,0	89,0	83,3	85,6	87,1	79,0
	мясо	28,2	21,6	16,5	14,8	13,8	13,1
	молоко	40,5	26,8	17,5	15,4	13,5	10,5
	яйца	37,5	38,1	34,1	33,2	32,3	35,4

Данные таблицы для сельскохозяйственных организаций на протяжении с 2005 по 2011 г. имеют тенденцию к увеличению. Так, по зерновым и зернобобовым оцениваемый показатель возрос на 6,2 %, по картофелю на 8,3 %. Производство мяса и молока с 2000 г. увеличилось на 15,1 и 30 %, соответственно, что оценивается положительно. Относительно хозяйств населения и крестьянских (фермерских) хозяйств отмечается обратная ситуация. Снижение по зерновым и зернобобовым с 2005 г. составляет 5,2 %, по картофелю – 8,3 %, по молоку и мясу – на 8,5 и 16,3 %, соответственно. Рост происходит только по сахарной свекле с 2009 г. и по овощам с 2008 г. на 3,8 %.

За исследуемый период произошли значительные изменения не только по численности фермерских хозяйств, площадям землепользования, концентрации, но также по количеству производимой в них сельхозпродукции и по удельному весу в общих объемах (табл. 2).

**Удельный вес фермерских хозяйств в землепользовании
и производстве сельскохозяйственной продукции**

Показатели		Год			
		2001	2006	2008	2011
Удельный вес фермерских хозяйств в площади сельскохозяйственных угодий всех землепользователей, %	сельскохозяйственные земли	0,8	1,4	1,2	1,3
	пахотные земли	0,9	1,7	1,4	1,5
	луговые земли	0,5	1,1	0,9	0,8
Удельный вес фермерских хозяйств в валовой продукции сельского хозяйства всех землепользователей, %		0,6	0,7	0,8	1,3

Удельный вес фермерских хозяйств в валовой продукции сельского хозяйства всех землепользователей за период с 2001 по 2011 г. характеризуется активным ростом (на 0,7 %). Также увеличиваются и удельные веса фермерских хозяйств в общей площади сельхозугодий. Данные изменения позволяют судить о возрастающем социально-экономическом значении фермерских хозяйств.

Большинство из них (80 % от общего количества) производят только продукцию растениеводства, 40 % хозяйств этой группы занимаются производством зерна, 30 % – картофеля и овощей, 5 % – плодов и ягод, остальные хозяйства выращивают редкие сельскохозяйственные культуры. Небольшая группа хозяйств специализируется на семеноводстве однолетних и многолетних трав, хмелеводстве, выращивании лекарственных и пряно-ароматических трав, грибов. Производство продукции животноводства отмечено у менее половины фермеров [2].

В результате проведенного исследования можно отметить, что все сельскохозяйственные предприятия и объединения Республики Беларусь осуществляют свою производственную деятельность в соответствии с определенными ими организационными основами, которые определяют характер труда, производства и управления, экономические отношения и правовое положение, а их влияние на формирование и наращивание продовольственного рынка существенно, так как основные показатели их функционирования имеют тенденцию к увеличению.

Оценивая складывающуюся ситуацию на рынке продовольствия, важным остается и то, что проводимая работа по обеспечению продовольственной безопасности в Республике Беларусь хоть и отличается высокой эффективностью, однако еще не приобрела системный характер. Состояние продовольственного рынка страны в определенной степени находится в зависимости от наличия товарных ресурсов на мировом рынке продовольствия, что требует постоянного контроля по формированию резервов продовольственных товаров. Немаловажным является и совершенствование системы обеспечения качества и безопасности производимых и импортируемых продуктов питания. Вышеперечисленные проблемы обеспечения продовольственной безопасности приводят к необходимости разработки и внедрения организационно-экономического механизма формирования продовольственного фонда Республики Беларусь.

Литература

1. Александр Лукашенко посетил агрогородок Ольшаны в Брестской области. – Режим доступа: http://president.gov.by/ru/news_ru/view/aleksandr-lukashenko-posetil-agrogorodok-olshany-v-brestskoj-oblasti-144/. – Дата доступа: 06.04.2014.
2. Сельское хозяйство Республики Беларусь : стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск, 2012. – 354 с.

**ОСОБЕННОСТИ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ****М. В. Живица***Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель Е. А. Кожевников

Логистика – это наука о планировании, контроле и управлении транспортированием, складированием, другими материальными и нематериальными операциями, совершаемыми в процессе продвижения сырья и материалов к производственному предприятию, внутривозвратной переработки сырья, материалов и полуфабрикатов, доведения готовой продукции до потребителя в соответствии с интересами и требованиями последнего, а также передачи, хранения и обработки соответствующей информации.

С каждым годом в отраслях АПК логистика становится более востребованной. Необходимость развития логистических систем в аграрном секторе связана с тем, что для отраслей АПК характерно отсутствие территориальной локализации производственных процессов. Предприятия перерабатывающей сельхозпродукции промышленности, как правило, пространственно удалены от источников сырья, что вызывает необходимость физического перемещения материальных потоков, как во времени, так и в пространстве.

Материальные потоки, генерируемые сельскохозяйственным производством - основным поставщиком сырья для АПК, имеют ряд особенностей. В связи с тем, что в АПК, и прежде всего в сельском хозяйстве, производственный и биологический процесс тесно переплетаются, материальные потоки могут иметь биологическую природу (например, молодняк животных и птицы). Следует отметить также значительное внутрипроизводственное потребление произведенной в сельском хозяйстве продукции.

Для АПК характерно использование в качестве основных средств живых организмов, что зачастую приводит к генерированию двух и более материальных потоков, значительно отличающихся друг от друга по свойствам и путям продвижения к конечному потребителю. Так, от молочного стада крупного рогатого скота получают два материальных потока: молоко и телят. Для обоих потоков возможно внутрипроизводственное использование. Молоко частично используется для выпойки телят, а телята – на ремонт основного стада. Оставшаяся часть материальных потоков в конечном итоге идет в переработку, но молодняк крупного рогатого скота перед этим должен пройти стадию откорма.

Следует обратить внимание и на такую особенность, характерную для АПК: материальный поток практически на любой стадии может быть одновременно сырьем для следующей стадии логистической цепи и конечным продуктом. Например, произведенное сельскохозяйственным предприятием зерно одновременно может быть употреблено как семена здесь же или на другом предприятии, а может быть использовано в качестве сырья для мукомольной промышленности. В свою очередь, произведенная мука будет сырьем для хлебопекарной промышленности, но может быть продана и как конечный продукт.

Материальный поток на своем пути от первичного источника сырья до конечного потребителя проходит ряд производственных звеньев. Управление материальным потоком на этом этапе имеет свою специфику и называется внутрипроизводственной логистикой. В качестве примера масштабности внутрипроизводственной логистики можно привести открытое акционерное общество «Агрокомбинат Южный», расположенное в деревне Цагельня Гомельского района. Агрокомбинат представляет собой высокотехнологическое, стабильно развивающееся, многопрофильное предприятие, занимающее ведущее место не только среди аналогичных предприятий своего региона, но и республики. Оно занимается выращиванием и откормом свиней, крупного рогатого скота. Имеет свинокомплекс, молочно-товарные фермы, мясоперерабатывающий цех, собственный цех убоя, реализует готовую продукцию через сеть фирменной торговли, которая включает в себя 5 фирменных магазинов и 9 торговых точек. Также к комбинату был присоединен колхоз «Ереминский» с целью обеспечения поголовья свиней зерном. То есть можно заметить, что внутри предприятия будет организовываться масштабная производственная логистика. Следовательно, должна обеспечиваться бесперебойная доставка кормов к свинокомплексам и молочным фермам, от которых, в свою очередь, необходимо организовать перевозку скота к цехам убоя, из которых туши перевозятся в мясоперерабатывающий цех и далее продукция доставляется в магазины и торговые точки, т. е. до потребителя.

Следующая особенность материального потока в АПК вытекает из сезонности сельскохозяйственного производства. Присущая растениеводству ярко выраженная сезонность приводит к необходимости длительного хранения запасов, как готовой продукции, так и сырья (семена, корма). Так, продолжительность хранения овощной продукции и картофеля может составлять 9–10 мес.

Материальные потоки в АПК имеют еще одну важную особенность – они значительно изменяются при продвижении к конечному потребителю. При этом изменения в свойствах материального потока приводят к изменениям требований к хранению продукции: температуре, влажности, освещенности, газовой среде, срокам хранения. Это, в свою очередь, вызывает необходимость иметь специализированные хранилища, транспорт и места реализации.

Для большинства отраслей промышленности характерно производство из большого числа комплектующих ограниченного числа готовых изделий, т. е. сужение материального потока. В АПК же наблюдается обратное явление: при продвижении к конечному потребителю материальный поток по ассортименту расширяется: современный мяскокомбинат из ограниченного набора сырья производит несколько сотен наименований продукции.

Особенности материальных потоков в АПК требуют дополнительных усилий для его логистической поддержки.

Также в АПК существуют особенности движения финансовых потоков, которые следует учитывать в логистическом менеджменте.

Для некоторых отраслей АПК характерно несовпадение рабочего периода и собственно процесса производства, т. е. непосредственное трудовое воздействие не приводит к окончанию производственного процесса, а лишь инициирует его. Например, посев сельскохозяйственных культур приводит к процессу начала их производства или закваска молока начинает процесс производства кефира. Этой особенностью производственных процессов, а также объективной необходимостью хранения значительных запасов объясняется более низкая оборачиваемость оборотных средств в АПК.

По мере продвижения от процесса производства сырья к конечному потребителю происходит ускорение оборачиваемости оборотных средств. Так, если в сельском хозяйстве для растениеводства этот показатель может составлять 1, то в перерабатывающей отрасли – 10–15, а в розничной торговле – 50–60. Подобная ситуация свидетельствует о необходимости финансовой поддержки производства сырья для успешного функционирования всей цепи.

Существуют и особенности финансовых потоков, которые также требуют внимания. В агробизнесе, как ни в каком другом, необходима своевременная и точная информация для принятия решения. Например, большинство производимых продуктов требуют соблюдения температурных или временных режимов, поэтому для выработки правильного управленческого решения необходима информация не только об объемах, сроках и местах поставок, но и возможности соблюсти и проконтролировать режимы хранения, временной интервал.

В целом материальные, финансовые и информационные потоки в структуре АПК имеют три направления:

- сельхозпредприятия и предприятия перерабатывающей промышленности ↔ конечный потребитель (рынок продовольствия). Взаимодействие происходит через логистические, т. е. материально-денежно-информационные потоки;
- сельскохозяйственные предприятия ↔ предприятия пищевой и перерабатывающей промышленности (рынок сельхозсырья);
- сельскохозяйственные предприятия ↔ предприятия перерабатывающей промышленности (рынок продуктов переработки).

Организация ресурсного обеспечения сельхозпроизводителей и продвижения их продукции на рынок на основе логистики дает значительный экономический, социальный и экологический эффект. По существу логистика должна охватывать все сферы агропромышленного комплекса, все экономические потоки, все логистические цепи и все стадии воспроизводственного процесса. Логистика АПК представляет собой науку и практику управления экономическими потоками в сфере производства, распределения, обмена и потребления продукции сельского хозяйства. Она включает в себя как ресурсное обеспечение АПК, так и сбыт готовой продукции. Главной целью логистики АПК является полное удовлетворение нужд и потребностей населения и народного хозяйства в продуктах питания, сельскохозяйственном сырье и продуктах его переработки. Последствиями оптимизации логистических издержек являются: в период сезонного повышения спроса – обеспечение максимальных объемов продаж за счет налаженной системы доставки продукции; в периоды спада – оптимизация затрат на поддержание товарного запаса, обеспечение сохранности продукции за счет предоставления специально адаптированных условий хранения. Преодоление времени и расстояния при движении продукции, организация эффективной службы ее поставок – основная задача логистики.

Логистика во взаимосвязи с маркетингом представляет собой наиболее приемлемый на сегодняшний день вариант системы управления в экономике.

Она занимает стратегическую организационную позицию между производством и маркетингом. Ценовая политика и упаковка – совместные обязанности логистики и маркетинга. Приобретение материальных ресурсов и доставка готовой продукции – примеры взаимодействия логистики, производства и маркетинга.

Таким образом, для повышения конкурентоспособности продукции отечественных сельхозпроизводителей в современных условиях уже недостаточно ограничиться внесением тех или иных изменений в производственный процесс. Необходима коренная перестройка системы производственной и распределительной деятельности хозяйствующих субъектов на основе развитой логистической системы.

**ОРГАНИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОГО МЕНЕДЖМЕНТА
НА ОСНОВЕ МЕЖДУНАРОДНОГО СТАНДАРТА ISO 9004:2009****Н. В. Семуткина***Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель С. Е. Астраханцев

Ни для кого не секрет, что устойчивый успех любой организации обеспечивается ее способностью удовлетворять ожидания и потребности потребителей и других заинтересованных сторон в долгосрочной перспективе. Однако в связи с постоянной изменчивостью и нестабильностью внутренней и внешней среды высшее руководство должно применять меры по поддержанию и совершенствованию деятельности организации посредством эффективного и результативного менеджмента.

В суматохе, которую представляет собой деловая среда, часто внимание больше концентрируется на мелочах, отдельных частях, а не на деле в целом. В этом, конечно, нет ничего плохого, однако для создания эффективной организации настоящей целью должно быть наиболее качественное выполнение всех требований, при котором создается синергетический эффект от взаимодействия элементов системы менеджмента. Именно такое поэтапное выполнение рекомендаций, которые могут привести организацию к успеху, рассматривается в международном стандарте ISO 9004.

Данный стандарт был создан Международной Организацией по Стандартизации – ISO (International Organization for Standardization), чья компетентность и объективность не требует подтверждений. Этой организацией была разработана серия стандартов в диапазоне номеров 9000–11000. Стандарты этой серии определяют требования именно к системе управления, а не к продукции или услугам, предоставляемым организациями и предприятиями.

Наиболее часто применяемыми являются стандарты ISO 9000:2005, ISO 9001:2008, ISO 9004:2009.

Стандарт ISO 9000:2005 предназначен для установления единого понимания терминов и понятий, используемых в стандартах ISO серии 9000. Он определяет основные положения систем менеджмента качества и принципы, используемые при построении систем качества. Система менеджмента качества на современном уровне развития представляет собой идеологию управления организацией, а не просто организационно-техническую систему или набор взаимосвязанных управленческих методов и технологий. В основе любой идеологии лежат постулаты или принципы, от которых эта идеология отталкивается. Именно на основе таких принципов строится вся теоретическая и практическая база. Стандарты ISO серии 9000 являются практической базой идеологии менеджмента качества. Поэтому в стандарте ISO 9000:2005 кроме терминов и определений даются основные принципы менеджмента качества, на основе которых построены требования системы качества и методы реализации этих требований.

Стандарт ISO 9001:2008 предназначен для разработки и внедрения систем менеджмента качества предприятий с целью последующей сертификации или для заключения контрактов с другими предприятиями, которые предъявляют требования к стабильности и надежности выполнения контрактных обязательств. Требования, содержащиеся в стандарте ISO 9001:2008, являются общими и предназначены для применения ко всем организациям независимо от вида деятельности, размера организации и поставляемой продукции (услуг). Стандарт определяет, что необходимо делать для внедрения системы качества, но не определяет, как это делать. Именно за счет

такого подхода требования стандарта являются универсальными и применимыми к любой организации. Методы, как реализовать то или иное требование стандарта предприятие выбирает само, исходя из своих потребностей и возможностей.

Международный стандарт ISO 9004:2009, полное название которого «Менеджмент для достижения устойчивого успеха организации. Подход на основе менеджмента качества» был опубликован 1 ноября 2009 г. и стал 3-м изданием стандарта, впервые опубликованного в 1987 г. Именно этот стандарт предназначен для содействия достижению организацией устойчивого успеха, независимо от ее размера, типа или вида деятельности, а не для проведения сертификации.

По сравнению со стандартом ISO 9001, который обеспечивает управление качеством товаров и услуг и повышение удовлетворенности потребителей, ISO 9004 предоставляет более широкие перспективы управления качеством, особенно для повышения производительности. Он будет полезен для организаций, руководство которых хотело бы постоянно стремиться к совершенствованию.

Расширенная модель системы менеджмента качества, основанная на процессном подходе, включающая элементы ISO 9001 и ISO 9004, представлена на рис. 1.

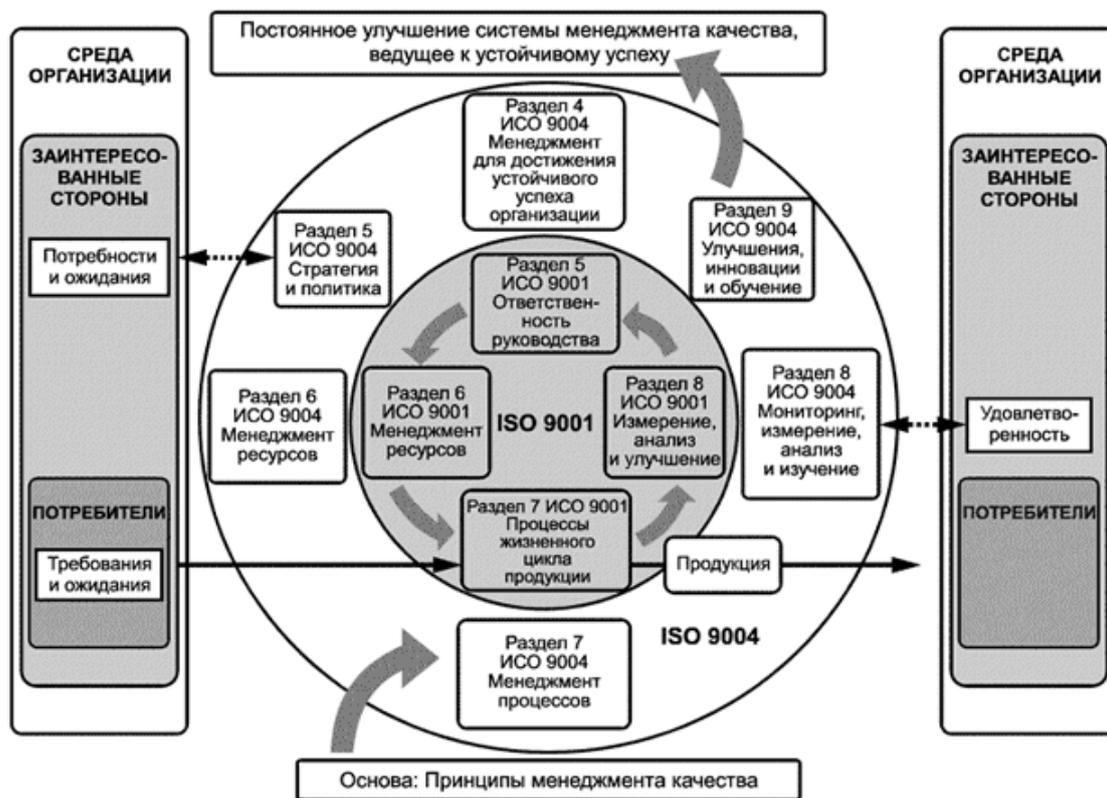


Рис. 1. Расширенная модель системы менеджмента качества, основанная на процессном подходе [1, с. 5]

Данный стандарт уделяет большое внимание повышению качества продукции и услуг с помощью самооценки, благодаря чему организация сможет выполнять сравнительный анализ уровня зрелости организации, идентифицировать сильные и слабые стороны и выявлять возможности для улучшений и/или инноваций. Инструменты самооценки могут стать ключевым элементом эффективного стратегического планирования в организации.

В то время как краткосрочная цель организации – это предоставление качественной продукции или услуги и обеспечение удовлетворенности потребителя, ее долгосрочная цель – обеспечение экономической жизнеспособности организации на длительное время. Стандарт также предоставляет руководство по систематическому и непрерывному улучшению всей деятельности организации, выраженное в восьми принципах менеджмента качества (рис. 2).



Рис. 2. Восемь принципов менеджмента качества

Таким образом, стандарт предназначен для помощи новым и действующим организациям на различных стадиях развития, которые стремятся разработать систему менеджмента качества таким образом, чтобы достичь устойчивого успеха на рынке, выйти на качественно новый уровень развития, ведь современная организация с эффективной системой управления – это организация, соответствующая принципам и требованиям ISO 9004.

Литература

1. Международный стандарт ISO 9004:2009 «Менеджмент для достижения устойчивого успеха организации. Подход на основе менеджмента качества».

МООСС КАК НОВЫЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Д. А. Константинова

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

Научный руководитель С. Е. Астраханцев

В самое ближайшее время наши представления о том, как мы учимся, могут измениться самым кардинальным образом. Как когда-то распространение книгопечатания и книжной культуры стало основой широкого распространения грамоты (письма и чтения), так интернет-технологии станут началом новой эры самообразования.

На сегодняшний день получение высшего образования является одним из важнейших этапов. С одной стороны, получить высшее образование может каждый, что говорит о его доступности. С другой стороны, есть барьеры, которые выражаются, например, в стоимости образования. Стоит также отметить, что получение качественного образования зависит и от того, насколько оно разнообразно и насколько ограничена методология преподавания. Рынок труда нуждается в квалифицированных и хорошо подготовленных специалистах, но, даже получив необходимое образование, выпускники зачастую не могут реализовать собственные идеи из-за нехватки знаний и опыта. И теперь уже стало нормой, когда выпускник не работает по специальности.

Еще совсем недавно принято было говорить о том, что современная жизнь начинает предъявлять к человеку требования в плане постоянного совершенствования его образовательного уровня и вот теперь мировое образовательное сообщество предлагает эффективный инструмент в виде МООС-ресурсов для решения этой задачи.

МООС (massiveopenonlinecourse) – доступные для всех онлайн-курсы – это курсы, предусматривающие открытый доступ к ним через интернет и большое количество участников. МООС – это последнее достижение в области дистанционного обучения. Основой большинства МООС являются видеолекции, которые ведет один или несколько лекторов (либо же «закадровый» лектор). Самые престижные университеты, так называемая «Лига плюща», членами которой являются, к примеру, Брауновский университет, Гарвардский университет, Принстонский университет, Дартмутский колледж, выложили в открытом доступе свои лучшие курсы.

Новый подход в дистанционном образовании зародился в стенах Стэнфордского университета летом 2011 г. Тогда тестовый бесплатный курс «Искусственный интеллект» привлек 160 тысяч студентов со всего мира – и 23 тысячи из них успешно его окончили [4].

МООСs отличались от других дистанционных курсов важными признаками:

- Качество. МООСs – это лучшие курсы от лучших университетов мира.
- Массовое обучение. Для МООСs является принципиальным наличие форумов и чатов, сопровождающих учебный курс.
- Фокус на самостоятельном планировании человеком своего образования – занятия разбиты на недельные циклы.
- Гибкость в доставке контента. Доставкой МООСs обычно занимаются специализированные технологические платформы: Coursera, Udacity и edX.
- Сертификация. Онлайн-обучение признается официально и в результате прохождения МООСs студент может получить сертификат.
- Бесплатность. МООСs, за весьма редким исключением, абсолютно бесплатны.
- Английский язык. Среди преимуществ МООСs для неанглоязычных студентов также называют возможность совершенствовать английский язык.

Конечно, необходимо отметить также и определенные недостатки МООСs:

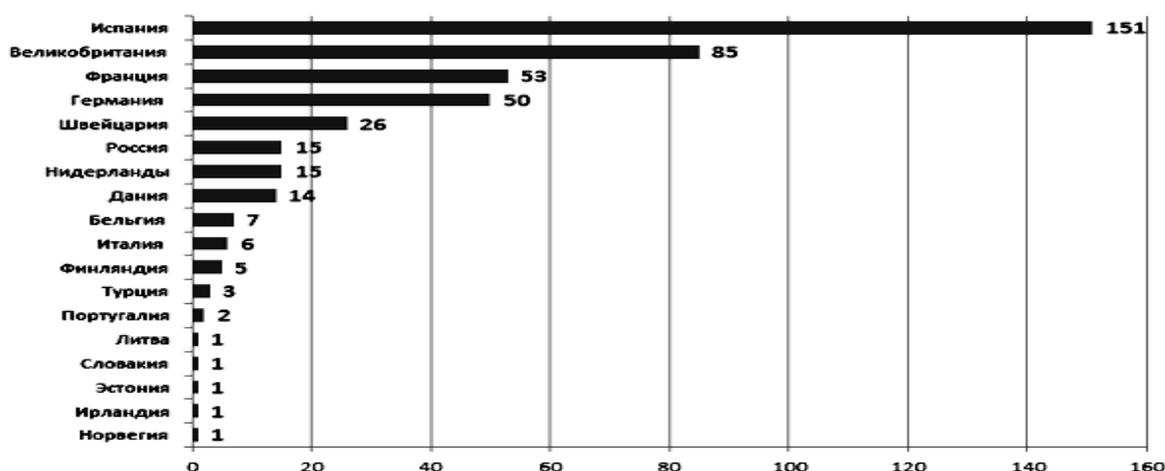
1. Данные курсы в некоторой степени «размывают» образование. Открытые дистанционные курсы предлагают получить знания по конкретным вопросам, иногда довольно специализированным.
2. Отсутствует так называемый социальный «рычаг», который бы оказывал влияние на студентов и контролировал обучение.
3. Все еще слаба и система оценки самостоятельной работы студента.
4. Недостаток интерактива. Посмотреть лекции могут миллионы, а обсудить материал с профессорами – единицы счастливых.

На современном этапе внедрение МООС в организации и корпорации может вполне эффективно способствовать как развитию персонала, так и продвижению их

продуктов посредством предложения дистанционных курсов. Учитывая тот факт, что персонал является важным элементом любой организации, знаниям и квалификации каждого работника должно уделяться особое внимание. Так, например, сотруднику, работающему в качестве экономиста, можно было бы в пределах своей организации изучить какую-либо техническую дисциплину, а сотруднику, работающему в качестве инженера, – гуманитарную. Это позволило бы не просто расширить деятельность самих сотрудников, но и самой организации.

Сейчас развитие MOOCs оплачивают в основном университеты. Финансовой отдачи от новых проектов пока нет, но их основатели продумывают разные модели монетизации трафика – от платы за сертификаты об окончании курса до обмена информацией о самых успевающих студентах с работодателями. Стоимость сертификата, подтверждающего то, что вы прослушали онлайн-курс, в зависимости от курса варьируется в пределах от 30 до 80 дол. Учитывая количество пользователей, эта сумма может вылиться в многомиллионный доход. Также некоторые курсы заканчиваются экзаменом, сдача которого является платной и может составить 100–200 дол. Также источником финансирования является модель монетизации веб-проектов freemium: базовый продукт предоставляется всем бесплатно, а за дополнительные возможности (например, продвинутый узкоспециализированный курс или курс, прочитанный главным специалистом в отрасли) пользователи платят. Но все-таки наиболее обещающим источником заработка может стать возможность продавать «курсы» другим университетам [5].

Подавляющее большинство курсов MOOCs в настоящее время производится и предлагается в США. Однако движение началось и в Европе. На диаграмме представлена информация о том, какое количество курсов открыто в странах Европы.



Из общего числа курсов – 1101 – на долю европейских стран приходится 437 (по данным на 3 февраля 2014 г.). Также осенью 2014 г. планируется проведение конференции «EU MOOC», на которой предприниматели, университеты и евангелисты в области MOOCs и интернет-предпринимательства смогут обсудить потенциал курсов [6].

Сейчас мы наблюдаем только становление рынка MOOC-стартапов, которое происходит в результате тесного сотрудничества интернет-бизнеса с университетскими профессорами. Университеты в скором времени будут активнее использовать дистанционные курсы, предлагая их не только своим студентам, но и всем желающим. Кроме того, можно ожидать появления комплексных MOOC-курсов, предлагающих

гающих не только узкоспециализированное обучение, но и комплексную подготовку специалиста с использованием дистанционного обучения, предусматривающую прохождение целого ряда дистанционных курсов.

Вопрос о Массовых открытых онлайн курсах (МООСs) является крайне важной и интересной темой. Таким образом, возможно, пока еще рано говорить о том, что МООСs является заменой традиционного образования, это скорее всего дополнение к нему, один из вариантов его развития с использованием интернет-технологий.

Литература

1. МООСs вопрос моды или займут центральное место? // Живой журн. Livejournal. – Режим доступа: <http://ntihomirova.livejournal.com>. – Дата доступа: 09.03.2014.
2. Югринова, Н. МООСs: вторая жизнь высшего образования / Н. Югринова // Бизнес-журн. – Режим доступа: <http://www.computerra.ru>. – Дата доступа: 15.03.2014.
3. Баловсяк, Н. Онлайн-университеты: как интернет делает доступным качественное образование / Н. Баловсяк // ToWave издание о стартапах. – Режим доступа: <http://www.towave.ru>. – Дата доступа: 11.03.2014.
4. История возникновения и развития MassivOpenOnlineCours // StudyMOOC. – Режим доступа: <http://studymooc.org/about-mooc/istoriya-mooc/>. – Дата доступа: 13.03.2014.
5. Ключкин, А. Как изменить мир и заставить миллионы полюбить алгебру / А. Ключкин // Lenta.ru. – Режим доступа: <http://lenta.ru>. – Дата доступа: 09.03.2014.
6. Табло европейских онлайн-курсов: 437 МООСs в 18 странах // Технологии в образовании: новости и события. – Режим доступа: <http://education-events.ru>. – Дата доступа: 07.03.2014.

ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАК ОСНОВА БИЗНЕСА

А. В. Демидовец

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

Научный руководитель Н. В. Ермонина

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что внешнеэкономическая деятельность – одна из наиболее значимых сфер жизни государства.

В современных условиях развития мировой экономики внешнеэкономическая деятельность приобретает все большее значение.

Существует множество определений, что же такое внешнеэкономическая деятельность. Одним из самых правильных является следующее: внешнеэкономическая деятельность – это непрерывный процесс управления, включающий формулировку стратегии; распространение информации о выбранном направлении; разработку и осуществление соответствующих мероприятий для проведения в жизнь стратегической линии, разработку и внедрение методов контроля для отслеживания эффективности практических шагов и, следовательно, успеха в достижении стратегических целей внешнеэкономической деятельности.

Внешнеэкономическая политика Республики Беларусь формируется на принципах:

1. Открытости экономики.
2. Либерализации внешней торговли при соблюдении условий, определяемых двусторонними и многосторонними соглашениями, а также международными конвенциями в области торгово-экономического сотрудничества.
3. Взаимной защиты инвестиций.
4. Избежания двойного налогообложения.

Государственное регулирование внешнеторговой деятельности осуществляется посредством:

- таможенно-тарифного регулирования;
- нетарифного регулирования;
- запретов и ограничений внешней торговли услугами и объектами интеллектуальной собственности;
- мер экономического и административного характера, содействующих развитию внешнеторговой деятельности.

Внешняя торговля отдельными видами товаров в соответствии с законодательством Республики Беларусь может осуществляться только на основании лицензий.

Лицензирование внешней торговли отдельными видами товаров устанавливается:

- в случае введения временных количественных ограничений внешней торговли отдельными видами товаров;
- по основаниям, предусмотренным п. 1 ст. 24 Закона (национальный интерес), в целях установления разрешительного порядка экспорта и (или) импорта товаров;
- в целях выполнения Республикой Беларусь международных обязательств.

При ввозе отдельных видов товаров необходимы также соответствующие разрешения или сертификаты, подтверждающие соответствие указанного товара правилам безопасности, качества, санитарии и гигиены.

Правовую основу экономических отношений закладывают:

- Гражданский кодекс Республики Беларусь;
- Инвестиционный кодекс Республики Беларусь;
- ряд законов, регулирующих хозяйственную деятельность.

Закон Республики Беларусь от 1 июля 2010 г. «О поддержке малого и среднего предпринимательства» направлен на:

- 1) определение правовых и организационных основ поддержки малого и среднего предпринимательства;
- 2) создание благоприятных условий для его развития.

Закон дает перечень субъектов малого и среднего предпринимательства, определяет субъекты поддержки малого и среднего предпринимательства, а также государственную политику в сфере поддержки малого и среднего предпринимательства, ее виды и условия оказания.

Закон Республики Беларусь от 10 декабря 1992 г. «О противодействии монополистической деятельности и развитии конкуренции»:

- 1) определяет:
 - организационные и правовые основы предупреждения, ограничения и пресечения монополистической деятельности;
- 2) направлен:
 - на обеспечение условий для развития добросовестной конкуренции, создания и эффективного функционирования товарных рынков и защиты прав потребителей.

Закон Республики Беларусь от 13 июля 2012 г. «Об экономической несостоятельности (банкротстве)»:

- 1) устанавливает:
 - основания для признания хозяйственным судом должника банкротом;
- 2) регулирует порядок и условия:
 - проведения производства по делу о банкротстве;
 - осуществления мер по предупреждению банкротства;
 - иные отношения, возникающие при неплатежеспособности должника, в целях проведения его санации, а при невозможности проведения санации или отсутствии

оснований для ее проведения – в процессе ликвидации должника – юридического лица или прекращения деятельности должника – индивидуального предпринимателя и освобождения его от долгов.

Для осуществления внешнеэкономических связей необходимо следующее:

1. Государственная регистрация предприятия по месту нахождения предприятия (утверждение учредительных документов: устава и договора, а также получение свидетельства о государственной регистрации).
2. Стать на учет в налоговом управлении по месту регистрации.
3. Получить в установленном порядке печать, штамп.
4. Зарегистрироваться в государственном реестре Республики Беларусь.
5. Открыть рублевый и валютный счета в любом акционерном коммерческом банке Республики Беларусь.

Высшими звеньями управления внешнеэкономической деятельностью в Республике Беларусь являются Президент, Национальное собрание и Совет Министров.

Роль Президента в регулировании внешнеэкономической деятельности значительна. Он уполномочен подписывать указы, предоставлять те или иные льготы в торгово-экономической сфере, выступать инициатором экономических программ.

Национальное собрание (Парламент) как высший законодательный орган издает законы, регламентирующие внешнеэкономическую деятельность, разрабатывает основы внешнеэкономической политики государства, ратифицирует торговые договоры с зарубежными странами. К его компетенции относится определение общих принципов валютной политики, утверждение по представлению Совета Министров Республики Беларусь плана формирования и использования государственного валютного фонда республики, лимита внешнего государственного долга.

По решению Парламента могут применяться ответные меры в отношении стран, создающих дискриминационные условия для внешнеэкономической деятельности республики.

Совет Министров (Правительство) – высший исполнительный и распорядительный орган власти в Республике Беларусь. Оно издает постановления и распоряжения во исполнение законов по внешнеэкономической деятельности, осуществляет общее руководство в области отношений страны с иностранными государствами и международными организациями, может вводить ограничения, устанавливает определенные требования по выполнению операций международного обмена товарами и услугами в целях обеспечения экономических интересов, а также для выполнения международных обязательств республики.

Совету Министров подчинены различные министерства и ведомства:

– общие (Министерство экономики, Министерство финансов, Министерство иностранных дел, Министерство юстиции);

– отраслевые (Министерство промышленности, Министерство архитектуры и строительства, Министерство сельского хозяйства и продовольствия, Министерство торговли, Министерство связи и информатизации, Министерство транспорта и коммуникаций);

– специальные (Министерство жилищно-коммунального хозяйства, Министерство труда и социальной защиты, Министерство по налогам и сборам, Министерство спорта и туризма, Министерство обороны и т. д.);

– крупные государственные концерны, объединяющие государственные предприятия ключевых отраслей («Белнефтехим», «Белгоспищепром», «Беллегпром», «Беллесбумпром», «Белместпром», «Белбиофарм»).

Кроме того, существуют различные комитеты, например Государственный таможенный комитет, Государственный комитет по науке и технологиям, Государственный комитет по авиации, Государственный военно-промышленный комитет, Комитет государственной безопасности и др.

Значительное место в системе регулирования внешней экономической деятельности занимает Национальный банк Республики Беларусь. Совместно с Министерством финансов он определяет условия и порядок финансирования внешнеэкономической деятельности, а также регулирует валютные операции и курс белорусского рубля по отношению к валютам других государств, вывоз белорусского капитала, выдает лицензии коммерческим банкам на проведение валютных операций, участвует в осуществлении валютного контроля по экспорту и импорту, определяет порядок и выдает разрешение на открытие в республике иностранных банков, их филиалов и представительств.

СБЫТОВАЯ ПОЛИТИКА ПРЕДПРИЯТИЯ КАК ОСНОВА ЕГО ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

А. Н. Жевняк

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

Научный руководитель Н. В. Ермолина

Актуальность данной работы заключается в том, что с одной стороны, посредством сбыта продукции удовлетворяются потребности предприятия в продукции и услугах, с другой стороны сбыт продукции позволяет достичь предприятию главной его цели – получение прибыли.

По мнению Филиппа Котлера, сбытовую политику следует понимать как целенаправленную деятельность, методы осуществления которой призваны организовать движение потока товаров к конечному потребителю.

С нашей точки зрения, наиболее приемлемым определением сбытовой политики является определение Филиппа Котлера, так как оно является более глубоким и отражает все стороны деятельности предприятия, связанные со сбытом продукции.

Основными элементами сбытовой политики предприятия являются следующие:

- транспортировка продукции – ее перемещение от производителя к потребителю;
- доработка продукции – подбор, сортировка, сборка готового изделия и прочее, что повышает степень доступности и готовности продукции к потреблению;
- хранение продукции – организация создания и поддержание необходимых ее запасов;
- контакты с потребителями – действия по передаче товара, оформлению заказов, организации платежно-расчетных операций, юридическому оформлению передачи прав собственности на товар, информированию потребителя о товаре и фирме, а также сбору информации о рынке.

Основная цель сбытовой политики – обеспечение доступности производимых товаров и услуг для потребителей. Для достижения этих целей необходимо:

- выявить потребность целевого рынка и рассчитать его емкость;
- определить эффективные каналы распределения;
- сформировать эффективную систему сбыта;
- выбрать методы товаропродвижения по различным группам товаров и сегментальных рынков.

В настоящее время существует три метода сбыта продукции:

1. Прямого, или непосредственного, когда производитель продукции вступает в непосредственные отношения с ее потребителями и не прибегает к услугам независимых посредников.

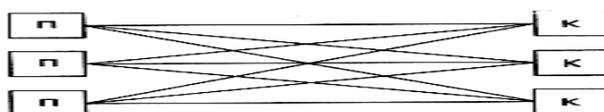


Рис. 1. Прямой метод сбыта продукции

2. Косвенного, когда для организации сбыта своих товаров производитель прибегает к услугам различного типа независимых посредников [1, с. 201].

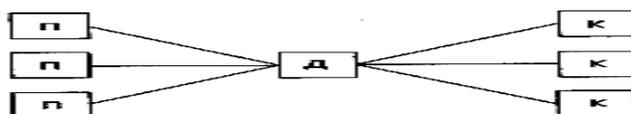


Рис. 2. Косвенный канал сбыта продукции

3. Комбинированного, или смешанного, когда в качестве посреднического звена используются организации со смешанным капиталом, включающим средства как фирмы-производителя, так и другой, независимой компании.

После того как мы рассмотрели методы сбыта продукции, рассмотрим отличия между сбытом и сбытовой политикой предприятия.

Таблица 1

Отличия сбытовой политики от сбытовой деятельности предприятия

Критерий оценки	Сбытовая деятельность	Сбытовая политика
1. Цели	Доведение до конечного потребителя конкретного товара требуемых потребительских свойств; в необходимом объеме; в точное время (срок); в определенном месте; с минимальными затратами	Обеспечение доставки товара от места его изготовления к местам продажи с целью достижения максимального удовлетворения потребностей потребителей и прибыли для предприятия; организация оптимальной сбытовой сети для продажи производимых товаров; создание сети оптовых и розничных магазинов, складов промежуточного хранения, пунктов технического обслуживания и выставочных залов; определение маршрутов товародвижения
2. Задачи	Задача сбыта – обеспечение совокупности функциональных действий по распределению, доведению до покупателей и реализации товаров в соответствии с заключенными договорами	Задача сбытовой политики – управление конкурентоспособностью товара путем управления каналами сбыта (планирование длины, ширины и типа посредников; организация и контроль канала), управлением товародвижением (планирование процессов хранения товаров, процессов грузовой обработки товара, процессов транспортировки)
3. Функции	Функции планирования. Функции организации. Функции контроля и регулирования	Основными функциями сбытовой политики коммерческого характера являются непосредственно продажа продукции. Вспомогательными функциями коммерческого характера являются маркетинг и юридические функции. Основными функциями технологического характера являются также две группы относительно самостоятельных функций: хранения, складирования и распределения, доставки. Вспомогательными функциями технологического характера являются функции предпродажной подготовки, послепродажного обслуживания

Основными задачами службы сбыта являются:

- изучение спроса и установление тесных контактов с потребителями продукции;
- поиск наиболее эффективных каналов и форм реализации, отвечающих требованиям потребителей;
- обеспечение доставки продукции потребителю в нужное время;
- контроль за ходом реализации продукции в целях снижения коммерческих (внепроизводственных) издержек и ускорение оборачиваемости оборотных средств.

Для оценки эффективности сбыта продукции используется система показателей (табл. 2).

Таблица 2

Показатели оценки эффективности сбыта продукции

Показатель	Формула
1. Коэффициент полученных заказов к товарообороту фирмы	$K_{зп\text{ во}} = \frac{\Pi_{пз}}{B_B}$
2. Коэффициент полученных заказов к имеющимся заказам	$K_{пз} = \frac{\Pi_{пз}}{\Pi_{из}}$
3. Коэффициент полученных заказов к числу клиентов	$K_{пз\text{ к}} = \frac{\Pi_{пз}}{N_3}$
4. Коэффициент оборота к имеющимся заказам	$K_{пз\text{ о}} = \frac{B_B}{\Pi_{из}}$
5. Коэффициент оборота к числу клиентов	$K_N = \frac{B_B}{(N_3 + A + B)}$
6. Коэффициент оборота к количеству торговых точек и посредников	$K_T = \frac{B_B}{(N_T + N_{CT} + N_3 + A + B)}$
7. Коэффициент оборота «портфеля заказов» к числу клиентов, формирующих «портфель заказов»	$K_{кпз} = \frac{\Pi_{п}}{(N_3 + A + B)}$
8. Коэффициент оборота на «свободном рынке» к числу клиентов на «свободном рынке»	$K_{крп} = \frac{\Pi_{ср}}{(N_T + N_{CT})}$
9. Коэффициент оборота к обороту на «свободном рынке»	$K_{ср} = \frac{B_B}{\Pi_{ср}}$
10. Коэффициент оборота «портфеля заказов» к обороту на «свободном рынке»	$K = \frac{\Pi_{п}}{\Pi_{ср}}$
11. Коэффициент рекламаций к обороту	$K_p = \frac{P}{B_B}$
12. Коэффициент оборота к количеству работников маркетинговой службы предприятия	$K_{чм} = \frac{B_B}{\Psi_M}$

Литература

1. Баркан, Д. И. Управление продажами : учеб. пособие / Д. И. Баркан. – СПб. : Издат. дом С.-Петербург. гос. ун-та, 2007. – 903 с.
2. Демидов, В. С. Повышение эффективности управления сбытовой политики предприятия / В. С. Демидов // Маркетинг, Реклама и Сбыт. – 2003. – № 3. – С. 32–33.
3. Котлер, Ф. Маркетинг менеджмент : пер. с англ. / Ф. Котлер. – СПб. : Питер, 2006. – 464 с.
4. Наумов, В. Н. Маркетинг сбыт / В. Н. Наумов. – Минск : Юнипресс, 2009. – 150 с.

Секция VIII МАРКЕТИНГ

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАРКЕТИНГОВОЙ СТРАТЕГИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

О. С. Каюкова

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

Научный руководитель В. С. Протасеня

Стратегия – это долгосрочное, качественное определение направления развития организации, включающего разработанную на перспективу систему мер, обеспечивающих достижение конкретных, намеченных организацией целей.

Маркетинговая стратегия компании нужна затем, чтобы:

- определить стратегические направления развития;
- выявить рыночные перспективы предприятия и его продукции/услуг;
- определить точки роста на среднесрочную и долгосрочную перспективу;
- разработать план действий (план маркетинга), который гарантирует успех на рынке относительно основных конкурентов;
- определить ответ на вопрос: за счет чего, кого и как компания будет жить и развиваться дальше;
- выстроить работающую и мотивированную на результат систему маркетинга (службу маркетинга) и систему продаж (службу продаж).

Маркетинговая стратегия – генеральный план выхода на рынок с конкретной товарной группой, включающий совокупность следующих характеристик: уровень цен, уровень издержек на стимулирование сбыта, доля в структуре выпуска, каналы распространения, нацеленность на определенные сегменты рынка, конкурентные преимущества, позиционирование товара на рынке, стратегия охвата рынка.

Маркетинговая деятельность считается продуктивной, если она обеспечивает получение от имеющихся ресурсов максимума полезной продукции или предоставленных услуг.

Результативность маркетинговой деятельности – это показатель, отражающий, в какой степени predetermined цели в области маркетинга или программы были достигнуты, а также взаимосвязь между прогнозируемым и реальным воздействием на маркетинговую деятельность.

Сложность проблемы анализа и оценки результативности и эффективности связана с их многоаспектностью (мы можем рассматривать эти категории применительно к продукции (услуге), процессу или системе в целом) и многоуровневостью (компания в целом, структурное подразделение, бизнес-процесс, рабочее место).

Каким образом оценить эффективность маркетинга, однозначно не определено. Ведущие специалисты предлагают разные схемы. Так, М. Туган-Барановский и Л. Балабанова предлагают оценивать маркетинг по покупателям, адекватности предоставленной информации, оперативной эффективности и стратегической ориентации.

Не менее известные исследователи Н. Моисеева и М. Конышева приводят показатели по функциям исследования рынка, сбытовой и коммуникационной деятельности, политике в области ассортимента. Разумеется, проще всего смотреть, вырос ли объем продаж и прибыли, ведь это – основная задача любого маркетинга, и Г. Ас-

сель предлагает оценивать эффективность маркетинга именно так. М. МакДональд предлагает эмпирический, а не количественный подход, ссылаясь на английские и американские исследования 90-х гг. XX в.

Система показателей оценки маркетинговой стратегии зависит от вида реализуемой маркетинговой стратегии (рис. 1).

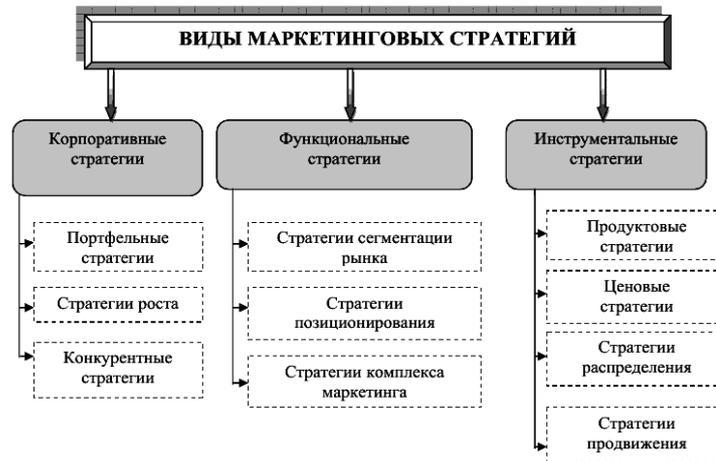


Рис. 1. Классификация маркетинговых стратегий коммерческой организации

Оценку избранной стратегии необходимо провести с помощью матричного метода (таблица).

Матрица стратегий

Конкурентная стратегия	Перемещение в матрице	Описание применяемой стратегии
Инвестиции в развитие		Эта стратегическая альтернатива применима, когда очень привлекательный рынок предлагает возможность для роста. Они могут и не сохраниться по мере созревания рынка. Значительные инвестиции требуются для развития на основе сильных сторон и поддержания стремительного темпа роста, свойственного таким рынкам.
Избирательность/управление для прибыли		Стратегия заключается в усилении позиции предприятия в сегментах, где существует хороший уровень прибыльности. Могут быть также поставлены барьеры для выхода новых конкурентов на рынок. Одновременно возможно ухудшение позиции на тех сегментах, где затраты превосходят прибыль.
Избирательное развитие		Обладая слабой позицией на привлекательном рынке, лучше искать его свободные ниши и специализироваться на них. Если это невозможно, или затраты/уровень риска чрезмерны, следует уходить с рынка.
Финансовая эксплуатация		Стратегия предполагает обмен рыночной позиции на денежные средства, посредством минимизации инвестиций и рационализации деятельности. Избирательные инвестиции возможны с целью увеличения стоимости предприятия, если планируется его продажа.

Данная матричная модель предназначена для оценки текущего состояния товарной марки на рынке (или рынках) – соответствуют ли применяемая стратегия и разработанная на ее основе политика реальному положению дел.

Если результаты выполненных в работе видов маркетингового анализа заставляют считать, что изменения рыночной ситуации могут привести к тому, что текущая политика негарантированно обеспечит устойчивость положения на рынке, то целесообразно воспользоваться приемами изменения позиции.

Выводом, который необходимо сделать из данных моделей, является заключение о стратегической значимости имеющейся конкурентной позиции, определяемой факторами SWOT и долей рынка предприятия.

Например, рынок очень привлекателен с перспективами быстрого роста и широкими возможностями, но относительная конкурентная позиция продвигаемой на рынке торговой марки слаба. В этой ситуации сложно найти конкурентные преимущества, а их применение связано с риском.

С другой стороны, марка может иметь сильную конкурентную позицию на неприбыльном, упадочном рынке с плохими долгосрочными перспективами. Задача заключается в том, чтобы описать, как использовать текущую позицию марки для изменения маркетинговой стратегии и политики в целях обеспечения прибыльности, либо установить необходимость ухода со старого и выхода на новый рынок.

Таким образом, эффективность стратегии маркетинга во многом зависит от того, как построена служба маркетинга на фирме, какие задачи, на каком уровне и как решаются.

Наука пока не выработала единых методических основ полной и всесторонней оценки эффективности маркетинга, доступной для практического использования в реальной повсеместной аналитической работе организаций.

В основе оценки эффективности маркетинговой стратегии должны лежать ответы на три главных вопроса – для каких целей используется методика, какую пользу принесут результаты и кто в ней нуждается:

1. Цель оценки мобильного аудита маркетинга – определение его эффективности, проведение сравнительного анализа по организациям, а также для определения конкурентоспособности предприятий.

2. Назначение результатов. Результаты оценки могут использоваться служащими предприятий для планирования маркетинговой деятельности, направлений работы и конкурентоспособности, совершенствования управления организацией, повышения квалификации работников служб маркетинга.

3. Для кого предназначена. Концепция необходима независимым экспертам, специалистам ревизорных служб, центров маркетинга.

Маркетинговая деятельность на практике осуществляется путем выполнения задач маркетинга, таких, как исследование рынка, определение сегментов рынка и выбор приоритетных, позиционирование продукции, разработка привлекательного для потребителя товарного ассортимента, внедрение на рынок новых продуктов, проведение гибкой ценовой политики, нахождение и подбор эффективных каналов сбыта, коммуникационная деятельность. Основными функциями управления считаются грамотное планирование и организация, поскольку от качества и объективности планов маркетинга зависит успех всей маркетинговой деятельности.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЦЕНОВОЙ ПОЛИТИКИ ПРЕДПРИЯТИЯ
НА ВНЕШНИХ РЫНКАХ
(НА ПРИМЕРЕ «УКХ «БОБРУЙСКАГРОМАШ»)**

Е. К. Хвилько

*Учреждение образования «Бобруйский филиал Белорусского
государственного экономического университета»*

Научный руководитель Г. М. Бабынина

Объектом исследования является ценовая политика ОАО «Управляющая компания холдинга «Бобруйскагромаш». Цель исследования – разработка путей совершенствования ценовой политики ОАО «Управляющая компания холдинга «Бобруйскагромаш» во внешнеэкономической деятельности.

Для достижения поставленной цели применены методы исследования, такие, как: расчет запаса финансовой прочности, маржинальный анализ, анализ продукции по соотношению цена/качество, применение метода контроллинга. Областью возможного практического применения является использование предложенных мероприятий для разработки программ расчета рентабельности относительно маржинального дохода, расчета маржинального дохода от цены, качества, объема продаж относительно конкурентов.

Актуальность темы исследования обусловлена современным состоянием теории и практики управления предприятиями, необходимостью поиска новых подходов, инструментов и методов менеджмента в современных условиях, ограниченностью комплексных исследований в области ценовой политики в разрезе адаптации зарубежной теории и практики к отечественным условиям.

Для успешного выполнения управленческой деятельности в области ценовой политики в качестве вспомогательного инструмента руководителю необходимы производственные и финансово-экономические показатели. Сбалансированное развитие предполагает поддержание «здоровых» пропорций в развитии между объемом выпуска и затратами на него, что способствует росту прибыли.

Таблица 1

**Динамика темпов основных показателей
хозяйственной деятельности исследуемого предприятия, %**

Наименование показателей	2011 г. к 2012 г.	2012 г. к 2011 г.
Выручка от реализации товаров, продукции, работ и услуг (за минусом НДС, акцизов и иных обязательных платежей)	136,0	185,7
Себестоимость реализованной продукции	141,2	183,7
Прибыль от реализации продукции	120,9	191,2
Чистая прибыль	106,9	36,7

Из табл. 1 видно, что обществом нарушены пропорции в 2012 г., в экономике наблюдается дисбаланс и, как следствие, проявилась тенденция прибыли к снижению. По итогам 2012 г. темпы роста чистой прибыли снижены за счет внереализационных расходов, которые выросли в 5,3 раза.

Так как большую часть своей продукции ОАО «УКХ «Бобруйскагромаш» реализует на внешнем рынке, то формирование внешнеторговой цены является очень важным этапом ценовой политики предприятия и должно осуществляться с учетом

ценовой стратегии на определенном сегменте рынка. На внешнем рынке предприятие применяет стратегию дифференцированного ценообразования, а именно: стратегию скидки на втором рынке. Также предприятие применяет различные ценовые стратегии и тактики на каждом сегменте рынка по определенным группам машин.

Применение метода контроллинга должно стать гарантом для поддержания способностей руководства в его деятельности по координации, управленческому реагированию и адаптации к меняющимся как внутренним, так и внешним условиям, а также содействовать достижению и оптимизации прибыли предприятия учетом гарантии ликвидности.

Контроллинг позволяет считать затраты по-новому, тем самым обеспечивая экономически ориентированный стиль ведения бизнеса. Аппарат контроллинга использует специальный учетный и аналитический инструментарий: директ-костинг, расчет точки безубыточности, ценовая стратегия, анализ взаимосвязей между объемом выпуска, себестоимостью и рентабельностью.

Таблица 2

**Зона безопасности и запас финансовой прочности
исследуемого предприятия по годам**

Показатель	2010 г.	2011 г.	2012 г.
Доля маржи покрытия в выручке, %	40,8	38,9	37,8
Запас финансовой прочности	51,6	48,2	50,9
Сила операционного рычага	1,9	2,1	2,0

Взаимосвязь между объемом производства, постоянными и переменными затратами выражается показателем операционного рычага. Из табл. 2 видно, что по результатам операционного анализа лучшие результаты – за 2011 г. – с более высоким процентом валовой маржи и, следовательно, более низкими показателями предпринимательского риска. Анализ потенциала предприятия важен в связи с необходимостью обеспечения стабильного развития предприятия в долгосрочной перспективе. В качестве критериев оценки потенциала предприятия могут выступать следующие: широта ассортиментной программы; структура покупателей; дистрибуция; распределение товаров в торговле; обработка заказов; программа дополнительных услуг; контроль затрат; логистика; реклама; производственное оборудование и технологии; инновационная способность; загрузка мощностей; программа продаж; готовность к поставкам; гибкость для принятия решений.

Анализ сильных и слабых сторон предприятия – важнейший инструмент контроллинга для стратегического планирования. Для контроллинга мероприятия по маркетингу и сбыту представляют «черный ящик», на входе и выходе которого – количественные параметры, получаемые из системы финансового и управленческого учета. Чаще всего такими параметрами являются издержки, цены, объемы выпуска, продаж, поступлений и выплат. Контроллинг должен следить за тем, чтобы разница между доходами с оборота и издержками на маркетинг-микс стремилась к максимуму. В зону ответственности контроллинга входит оценка эффективности различных инвестиционных проектов до и в момент их внедрения, а также формирование моделей реализации проектов.

Была разработана балльная методика оценки эффективности работы аппарата управления. Эффективность работы аппарата управления ОАО «УКХ «Бобруйскагро-маш» по достижению стратегии при использовании методики составляет –172,5 баллов. Это означает, что в отчетном периоде работа была настолько неэффективной, что позиции предприятия по целевым показателям не только не достигли плановых значений, но

и ухудшились по сравнению с прошлым периодом. По сравнению с запланированным уровнем снижение составило $-72,3\%$, а с учетом их значимости для достижения стратегии – $-172,5\%$. То есть предприятие не приблизилось к достижению желаемой стратегии, а наоборот, значительно потеряло свои позиции.

Стратегия сигнализации ценами чаще всего применяется на сложно-техническую продукцию, когда потребитель судит о качестве товара по цене (чем выше цена, тем выше качество). Стратегия заключается в том, что чем в большей мере покупатель воспринимает цену как сигнал к уровню качества, тем менее он чувствителен к ее абсолютному уровню.

Анализ продукции по соотношению цена/качество находит широкое применение при прогнозировании ценовых характеристик продукции и услуг, при определении нижних границ интервалов цен и тарифов, при расчете ожидаемых прибылей.

Исследования конкурентов ОАО «УКХ «Бобруйскагромаш» указывают на то, что цена изделий по сравнению с ценами конкурирующих предприятий на многие единицы продукции ниже. Целесообразно рассчитать цену изделия, произведенного ОАО «УКХ «Бобруйскагромаш», используя индексный метод и опираясь на параметры ближайшего аналога производителя-конкурента и цену на это изделие.

Продукцией для анализа был выбран полуприцеп самосвальный ПСТ-12 и ПСТБ-12, который также выпускается ОАО «Слободской машиностроительный завод» (Российская Федерация, Кировская область) (табл. 3).

Таблица 3

Изменение основных параметров полуприцепа самосвального ПСТБ-12 по сравнению с моделью ПСТ-12

Параметры	Базовая модель	Новая модель	Индекс изменения значения параметра	Коэффициент весомости
Грузоподъемность, т	12	12	1	0,2
Вместимость груза	12,5	15	1,2	0,3
Масса	3,5	4,5	1,29	0,1
Транспортная скорость, км/ч	25	25	1	0,1
Угол подъема кузова, не менее град.	50	45	0,9	0,3

Цена нового товара:

$$P_n = P_a \cdot \sum J_j \cdot K_{весj},$$

где P_a – цена товара-аналога; J_j – индекс изменения j -го параметра нового изделия по сравнению с аналогом; $K_{весj}$ – коэффициент весомости j -го параметра.

$$P_n = 132343680(1 \cdot 0,1 + 1,2 \cdot 0,3 + 1,29 \cdot 0,1 + 1 \cdot 0,1 + 0,9 \cdot 0,3) = 140151957 \text{ бел. р.}$$

Как видно из расчета, ОАО «УКХ «Бобруйскагромаш» при выпуске нового изделия может увеличить цену на свое изделие, при этом оставаясь конкурентоспособным по сравнению с товарами-аналогами.

На ОАО «УКХ «Бобруйскагромаш» при инвестировании средств в инновации необходимо проявлять инициативу по грамотному установлению цены на определенную модель машины на каждом рынке, а именно: по проведению обоснованной и эффективной ценовой политики. Цены на каждом сегменте внешнего рынка должны быть установлены в соответствии с качеством выпускаемого товара и ценой/качеством компаний-конкурентов, которые необходимо подкреплять различными неценовыми инструментами маркетинга.

Пути совершенствования ценовой политики ОАО «УКХ «Бобруйскагромаш», предложенные в данной работе, будут способствовать принятию более эффективных ценовых стратегий и тактик на каждом сегменте внешнего рынка в определенный промежуток времени, позволят сократить время процедуры формирования внешне-торговой цены и принятия управленческих решений.

РАЗРАБОТКА ЭКСКУРСИОННОГО ТУРА ПО МУЗЕЯМ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю. А. Судилина

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

Научный руководитель Л. Л. Соловьева

Экскурсионная программа тура «История Гомельщины» по маршруту «Гомель – Гомельский дворцово-парковый ансамбль (2 ч) – Ветковский музей старообрядчества и белорусских традиций имени Ф. Г. Шклярова (1 ч 30 мин) – Речицкий краеведческий музей (1 ч) – Гомель» имеет следующее тематическое содержание.

Маршрут предлагаемого тура на карте Республики Беларусь представлен на рис. 1.

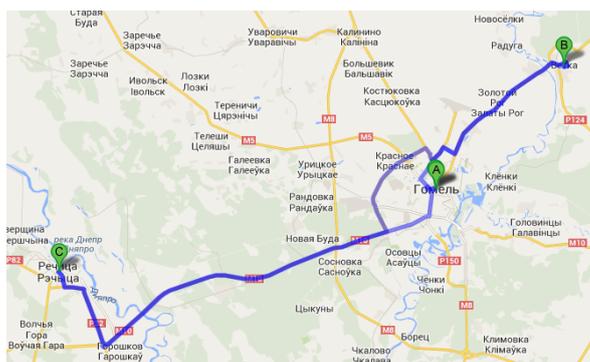


Рис. 1. Маршрут тура «История Гомельщины»

Согласно рис. 1, общая протяженность туристического маршрута составляет 158 км (погрешность – 10 км):

- 1) г. Гомель – г. Ветка – 25 км (40 мин в пути);
- 2) г. Ветка – г. Речица – 78 км (1 ч 20 мин в пути);
- 3) г. Речица – д. Гомель – 55 км (50 мин в пути).

График и программа обслуживания туристов в путешествии по туру «История Гомельщины» представлены в табл. 1.

Таблица 1

**График и программа обслуживания туристов в путешествии
по туру «История Гомельщины»**

Время	Описание запланированных туристских услуг; наименование экскурсий (с перечнем основных объектов показа), туристских прогулок и походов
09.50	Сбор группы в г. Гомеле возле Дворцово-паркового ансамбля
10.00	Экскурсия по парку, Дворцу, посещение «Зимнего сада»
12.10	Выезд в г. Ветка
13.00	Экскурсия по Ветковскому музею
14.40	Обед в ресторане «Сож»
15.20	Выезд в г. Речица
16.50	Экскурсия по Речицкому краеведческому музею
18.00	Ужин в кафе «Черное золото»
18.40	Выезд в г. Гомель
19.30	Прибытие в г. Гомель

Расчет статей затрат к плановой калькуляции стоимости экскурсионного тура «История Гомельщины» представлен в табл. 2.

Таблица 2

**Расчет статей затрат к плановой калькуляции стоимости
экскурсионного тура «История Гомельщины»**

Название операции					Значение
1. Расчет фонда оплаты труда руководителя экскурсионной группы					
Тарифная ставка первого разряда					260 тыс. р.
Разряд специалиста	Тариф- ный коэффи- циент	Корректи- рующий коэффи- циент	Тарифный оклад	Стаж (10 %)	ФОТ
10 разряд	2,48	1,708	1 102 000 р.	102 000 р.	1 204 тыс. р.
Фонд надбавок				10 %	120,4 тыс. р.
<i>Итого</i>					1 324,4 тыс. р.
Количество человек в группе					20 человек
Среднемесячный фонд рабочего времени в 2013 г.					167,3 ч
Стоимость одного часа					$1\,324,4 : 167,3 = 8$ тыс. р.
Норма времени на организацию (при норме времени на 1 человека, равной 5 мин)					$20 \cdot 5/60 = 1,67$ ч
Норма времени на сопровождение					12 ч
Фонд оплаты труда на организацию					$1,67 \cdot 8 = 13,36$ тыс. р.
Фонд оплаты труда на сопровождение группы					$12 \cdot 8 = 96$ тыс. р.
<i>Итого заработной платы</i>					110 тыс. р.
2. Накладные расходы					
Сумма накладных расходов			130 % от основной заработной платы		143 тыс. р.

Исходя из подпункта 1.5 пункта 1 Декрета Президента Республики Беларусь от 27.03.1997 г. № 10 «О дополнительных мерах по совершенствованию оплаты труда работников отраслей экономики», выплаты по системам премирования рабочих, руководителей, специалистов и служащих за производственные результаты учитываются в составе затрат, увеличивающих себестоимость, только в размере 30 % от заработной платы по сдельным расценкам, тарифным ставкам (должностным окладам) в расчете на одного работника. Основываясь на данной норме, экономисты организаций при исчислении основной заработной платы для включения ее в себестоимость продукции к сдельным расценкам прибавляют сумму планируемых затрат на премирование в размере 30 % от установленной расценки [1]. То есть накладные расходы будут составлять 130 % от основной заработной платы.

Оплата экскурсоводов в расчет фонда оплаты труда не входит, так как их услуги включены в покупку входных билетов на местах экскурсий. Поездка в тур будет осуществляться на микроавтобусе на 20 + 1 посадочное место (включая дополнительное место для экскурсовода рядом с водителем). Данный микроавтобус будет арендоваться вместе с водителем на 12 ч. Цена услуги исчисляется из калькуляции тура, которая представлена в табл. 3.

Таблица 3

Плановая калькуляция стоимости тура «Память Беларуси»

№ п/п	Наименование статей затрат	Сумма, р.
<i>Собственные расходы организации</i>		
1	Заработная плата, всего	110 000
2	Начисления на заработную плату	38 060
	Фонд социальной защиты	34 %
	Госстрах	0,6 %
3	Накладные расходы	143 000
4	<i>Итого расходов</i>	
5	Отчисления в инновационный фонд	0,25 %
6	<i>Итого себестоимости</i>	
7	Рентабельность, %	10
8	Прибыль	29 200
9	<i>Итого</i>	
<i>Стоимость услуг сторонних организаций</i>		
10	Входные билеты + экскурсия в «Гомельский Дворцово-парковый ансамбль»	1 540 000 (77 000 с человека)
11	Входные билеты + экскурсия в «Ветковский музей»	1 200 000 (60 000 с человека)
12	Обед в ресторане «Сож»	1 000 000 (50 000 с человека)
13	Входные билеты + экскурсия в «Речицкий краеведческий музей»	400 000 (20 000 с человека)
14	Ужин в кафе «Черное золото»	1 200 000 (60 000 с человека)
15	Транспортное обслуживание на 12 ч	4 000 000 (200 000 с человека) [2]
16	Полная стоимость	9 661 000
17	С округлением на одного человека	485 000

Литература

1. О дополнительных мерах по совершенствованию оплаты труда работников отраслей экономики : декрет Президента Респ. Беларусь от 27 марта 1997 г. № 10.
2. Аренда микроавтобуса в Гомеле. – Режим доступа: http://pap.by/arenda_micro_bus/. – Дата доступа: 09.03.2014.

**СНИЖЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОИЗВОДИМОЙ ПРОДУКЦИИ
КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ
НА ОАО «СВЕТЛОГОРСКИЙ ЦКК»**

Е. Ф. Топчевская

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

Научный руководитель А. А. Овсянникова

В современных условиях развития экономики и рыночных отношений ключевым механизмом, определяющим эффективность функционирования рынка, является конкуренция. Она охватывает все сферы человеческой деятельности. При нарастающем воздействии на национальные экономики научно-технической революции, интеграционных процессов, распространения конкуренции на новые области общественно полезной деятельности и приобретения ею все более острого характера конкурентоспособность стала всемирным явлением. Поэтому все предприятия заинтересованы в повышении этого показателя всеми возможными способами [1].

Одним из направлений маркетинга является стимулирование сбыта. Этот процесс направлен на увеличение объемов продаж и числа клиентов, обеспечения привлекательности продукта. Наиболее используемыми приемами стимулирования сбыта являются манипуляции со стоимостью товара и его ценой. Снижение себестоимости товара и, как следствие, снижение его отпускной цены как раз являются мероприятиями по стимулированию сбыта. Это позволяет обеспечить эффективность маркетинговой политики и повысить конкурентоспособность товара и предприятия в целом.

С экономических и социальных позиций значение снижения себестоимости продукции для предприятия заключается в следующем:

- в увеличении прибыли, остающейся в распоряжении предприятия, следовательно, в появлении возможности не только в простом, но и расширенном производстве;
- в появлении возможности для материального стимулирования работников и решения многих социальных проблем коллектива предприятия;
- в улучшении финансового состояния предприятия и снижения степени риска банкротства;
- в возможности снижения продажной цены на свою продукцию, что позволяет в значительной мере повысить конкурентоспособность продукции и увеличить объем продаж, совершенствовать маркетинговую концепцию [2].

Себестоимость продукции неразрывно связана почти со всеми показателями хозяйственной деятельности предприятия, и они получают в ней свое отражение.

Все резервы снижения себестоимости укрупнено можно объединить в три группы:

- конструкторские;
- технологические;
- организационные.

Каждая из этих групп может оказывать влияние на различные элементы затрат. Так, конструкторские резервы путем снижения массы изделий, замены дорогостоя-

щих материалов, уменьшения отходов способствуют снижению материальных и трудовых затрат. Технологические резервы оказывают влияние на величину материальных и трудовых затрат. Наибольшие резервы снижения себестоимости находятся в организационной группе. Пути реализации организационных резервов является материальное стимулирование как за рациональное расходование материалов, так и за интенсивность работы работников.

Таким образом, снижение себестоимости возможно благодаря:

- повышению производительности труда;
- улучшению использования оборудования и инструмента;
- применению экономичных видов сырья, топлива, энергии;
- сокращению нормы расхода материалов;
- механизации и автоматизации производства;
- совершенствованию технологии и организации производства.

Каждое предприятие должно уделять повышенное внимание анализу и управлению себестоимости продукции, понимая роль этого показателя в оценке его деятельности.

Одним из главных направлений снижения себестоимости продукции промышленного назначения, а именно такой и является продукция ОАО «Светлогорский ЦКК», становится экономия материальных затрат: сырья и основных материалов, вспомогательных материалов, покупных изделий и полуфабрикатов, топлива, энергии и амортизации. Для осуществления подобного рода экономии следует провести модернизацию производства интенсивным путем и проанализировать всю производственную цепочку.

Повышение эффективности промышленного производства в значительной степени зависит от уровня использования материальных, трудовых и энергетических ресурсов. При анализе деятельности предприятия было выявлено, что последние годы работы на предприятии характеризуются ростом удельного веса материальных затрат в себестоимости продукции, следовательно, цены на продукцию высоки и в значительной степени уступают конкурентам. С целью снижения материалоемкости и трудоемкости продукции на предприятии необходимо внедрить следующий проект: заменить два гофроагрегата мощностью 60 млн м² в год каждый, используемых при производстве гофрированной тары, на полностью автоматизированный гофроагрегат фирмы «Fosber» мощностью 180 млн м² в год. Данное оборудование используется в производстве основного вида продукции, выпускаемой предприятием, – гофроящиков. Подобная модернизация будет способствовать экономии материальных и энергетических ресурсов, а также появиться резерв от снижения трудоемкости продукции и сокращения расходов на содержание основных средств за счет списания двух гофроагрегатов.

Исходные данные для расчета экономии представлены в табл. 1. Объем выпуска данной продукции на предприятии составляет 39 тыс. м².

Таблица 1

Исходные данные для расчета экономической эффективности

Показатели	Единицы измерения	Величина показателей	
		До внедрения	После внедрения
Затраты времени: на выполнение технологических операций	мин	60,2	32,7

Окончание табл. 1

Показатели	Единицы измерения	Величина показателей	
		До внедрения	После внедрения
Норма расхода бумаги для гофрирования на производство гофрокартона	тыс. м ² /тыс. м ²	1,485	1,47
Норма расхода картона для плоских слоев на производство гофрокартона	тыс. м ² /тыс. м ²	2,03	1,989
Норма расхода теплоэнергии на производство гофрокартона	Гкал/тыс. м ²	0,1336	0,1202
Норма расхода электроэнергии на производство гофрокартона	тыс. кВтч/тыс. м ²	0,0222	0,02
Трудоемкость изготовления гофрокартона	чел.-ч	3,7	1,2
Затраты на проведение	млн р.	–	25

Источник. Собственная разработка.

При внедрении данного мероприятия экономия по материальным ресурсам будет получена за счет небольшого снижения норм – 3 %. Норма расхода энергоресурсов снизится на 10 %. При этом появится экономия за счет снижения трудоемкости изготовления продукции и, следовательно, численности обслуживающего персонала. Эта сумма увеличится на процент отчислений, включаемых в себестоимость продукции.

Также в результате реализации данного проекта появится экономия за счет сокращения расходов на содержание основных средств путем их реализации, передачи в долгосрочную аренду и неиспользуемого оборудования.

Полученную экономию отобразим в табл. 2.

Таблица 2

Общая экономия от внедрения мероприятия (на весь выпуск)

Показатель	Экономия
Снижение материалоемкости	5,1
Снижение трудоемкости	6,12
Снижение энергоемкости	2,6
Экономия за счет сокращения расходов на ОС	9,7
<i>Итого</i>	23,52

Источник. Собственная разработка.

Таким образом, полученная экономия средств позволяет снизить себестоимость выпускаемой гофропродукции, в частности, гофроящиков.

Возможное снижение себестоимости представлено в табл. 3.

Таблица 3

Расчет изменения себестоимости на один гофроящик Т-23

Вид затрат	Затраты, р.	
	До применения	После применения
Материалы	1703500	1610210
Основная заработная плата	1486320	1269010
Начисления на заработную плату	544 000	464460
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	569 700	830200
Затраты на энергетические ресурсы	1 180 250	959 890
<i>Итого</i>	5 483 770	5 133 770

Источник. Собственная разработка.

Благодаря снижению себестоимости выпускаемой продукции, можно снизить отпускную цену, что позволит повысить конкурентоспособность предприятия по цене; цены будут на уровне главных конкурентов. Уровень цен стал приемлем для нового круга потребителей, что позволяет заключать новые контракты, увеличивать объемы реализации и получать больше прибыли.

Следовательно, можно сделать вывод, что осуществление подобного рода модернизации эффективно и влечет за собой снижение себестоимости, повышение конкурентоспособности продукции, предприятия в целом и эффективности функционирования.

Литература

1. Чеглик, Л. И. Конкурентоспособность и условия ее обеспечения / Л. И. Чеглик // Финансы, учет и аудит. – 2005. – № 8. – С. 31–34.
2. Акулич, В. В. Оценка себестоимости продукции и финансового результата / В. В. Акулич // Пл.-экон. отдел. – 2008. – № 2. – С. 38–43.

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОАО «РЕЧИЦКИЙ МЕТИЗНЫЙ ЗАВОД»

В. В. Матлаш

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

Научный руководитель А. Ю. Бердин

Каждое предприятие стремится добиться успеха на рынке (увеличить оборот, завоевать новые территории, выйти на новые рубежи), опередив своих ближайших конкурентов в объемах выручки и доле рынка, в качестве предлагаемых товаров и (или) услуг, в рентабельности бизнеса.

Цель работы заключается в том, чтобы выявить, как предприятие ОАО «Речицкий метизный завод» реализует стратегию распределения.

Конкурентоспособность предприятия обеспечивается за счет приобретаемых им разного рода преимуществ по сравнению с основными конкурентами, а именно: экономических, финансовых, инвестиционных, кадровых и др. [1].

Конкурентоспособность предприятия в самом широком смысле можно определить как способность к достижению собственных целей в условиях противодействия конкурентов. Цели, как правило, имеют временную привязку. Поэтому можно сказать, что конкурентоспособность предприятия определяется его способностью вести успешную (в отношении поставленных целей) деятельность в условиях конкуренции в течение определенного времени [2].

С учетом усиливающейся конкуренции во внешней торговле развитие товаропроводящей сети рассматривается как один из элементов наращивания экспортного потенциала Республики Беларусь [3].

Основной показатель хозяйственной деятельности предприятий оптовой торговли – оптовый товарооборот. Он представляет собой продажу товаров народного потребления для последующей реализации населению, а также поставку для внутренних потребителей и экспорта. Оптовый товарооборот отражает переход продукции из сферы производства в сферу обращения и их движение внутри сферы обращения. Его объем, структура, виды и формы товародвижения предопределяют другие важнейшие показатели хозяйственной деятельности [10].

ОАО «Речицкий метизный завод» уделяет большое внимание вопросам налаживания долгосрочных хозяйственных связей с потребителями метизной продукции, вопросам организации прямых поставок непосредственно производителям, организации собственной товаропроводящей сети [4].

ОАО «Речицкий метизный завод» – один из первых в металлургической промышленности Беларуси – 100 лет на рынке метизов. Сегодня завод является признанным лидером в Европе в производстве специальных гвоздей и крепежных изделий: направляет продукцию практически во все европейские страны [5].

Речицкий метизный завод производит следующие крепежные изделия:

– гвозди строительные, машинные, специальные (ершенные, навинтованные, квадратные, обойные, кровельные, отделочные, палетные, формовочные, шиферные, финишные, тарные, рифленые и др.);

– шурупы (специальные, термоупрочненные);

– винты (стандартные, специальные, самосверлящие и самонарезающие);

– болты (с полукруглой, шестигранной или потайной головкой);

– гайки (шестигранные, клапана отбоя и клапана отдачи амортизатора);

– заклепки (каблучные, к сегментным пилам, с полукруглой или потайной головкой);

– шпильки;

– оси специальные;

– проволока общего назначения, сварочная, для армирования железобетона и для холодной высадки [8].

Основной объем реализации производится в адрес постоянных потребителей, договорные отношения с которыми существуют 5 и более лет. Экспорт продукции составляет 80–85 % от общего объема реализации и осуществляется как в страны СНГ, так и в страны Западной и Центральной Европы.

Для стабильного функционирования и осуществления производственной деятельности на Речицком метизном заводе создана необходимая инфраструктура: здания и сооружения, оборудование, средства труда и коммуникации. В состав основных фондов входят: производственные, лабораторные, офисные и вспомогательные помещения; технологическое и энергетическое оборудование; средства связи; ПЭВМ и программное обеспечение; транспорт.

На заводе постоянно ведутся работы, которые направлены на защиту предприятия от приобретения оборудования, сырья, товаров, работ и услуг, в том числе импортных, опасных для окружающей среды; на предотвращение загрязнения окру-

жающей среды при производстве, использование и ликвидацию всех видов продукции; обеспечение экологической безопасности оборудования, технологических процессов, производств, продукции и территории.

В 2009 г. началось техническое перевооружение крепежного цеха: установлены новые холодновысадочные автоматы, линия автоматической упаковки. Имидж добросовестного и надежного поставщика высококачественной продукции играет для Речицкого метизного завода значимую роль в привлечении иностранных инвестиций.

В целях всемерного улучшения взаимодействия сторон по продвижению на территории дальнего и ближнего зарубежья продукции завода, максимального увеличения финансового и товарного оборота и всестороннего достижения максимальной эффективности сотрудничества с потребителями заключены договора на дилерское обслуживание.

Речицкий метизный завод сотрудничает с широким кругом предприятий и организаций Республики Беларусь различных форм собственности и организационной структуры по поставкам метизной продукции.

К основным партнерам Речицкого метизного завода также необходимо отнести торговые организации Республики Беларусь, посредством которых осуществляется реализация продукции широкому кругу менее крупных потребителей, а также в розничной сети непосредственно населению.

Привлечение и сохранение как можно большего числа покупателей (клиентов) является основой для достижения целей и развития любого предприятия [6].

У покупателя есть всегда выбор, у кого приобрести товар. Поэтому основной задачей предприятия является то, чтобы у потенциального покупателя возникла потребность в метизной продукции ОАО «Речицкий метизный завод» и он отдал предпочтение именно ей.

Каждое предприятие стремится предложить клиенту что-то особенное, то, что одновременно выделяло бы ее из числа конкурентов и являлось важным для покупателей. Именно конкурентные преимущества приводят к тому, что формируется круг постоянных клиентов.

Некоторые конкурентные преимущества:

- цена;
- ассортимент;
- качество товара и многое другое [7].

ОАО «Речицкий метизный завод» совмещает в себе многие конкурентные преимущества.

В целях поддержания хозяйственных связей с основными партнерами предприятие гибко использует такие элементы стимулирования сбыта, как предоставление отсрочки платежа и скидок.

Скидки за количество покупаемого товара устанавливаются в том случае, когда покупатель берет на себя выполнение функции хранения или уменьшает расходы на перевозку или продажу товара, либо добивается одновременной реализации перечисленных функций [4].

Что касается качества выпускаемой продукции, то Речицкий метизный завод изготавливает электрогальваническое и горячее цинкование всех видов гвоздей, болтов, гаек, шурупов, винтов самонарезающих, а также конструкций с габаритами, не превышающими 12500 x 1500 x 2500 мм (высота, ширина, длина), массой до 8000 кг и труб длиной от 4,0 до 8,2 м, диаметром от 1,2" до 4". Горячее цинкование производится на линии производства фирмы HIRTZ (Германия), введенной в эксплуата-

цию в 2003 г., и линии производства фирмы «Gimeso» (Италия), введенной в эксплуатацию в 2011 г.

Ассортимент выпускаемой продукции предприятия ОАО «Речицкий метизный завод» постоянно расширяется по заказам потребителей. Ежегодно осваиваются не менее десяти наименований новых видов изделий. На сегодняшний день Речицкий метизный завод предлагает потребителям более 1400 наименований изделий различных типов и размеров [9].

С целью повышения удовлетворенности потребителей Речицкий метизный завод на постоянной основе проводит работы по сертификации продукции на соответствие требованиям национальных и международных стандартов. В настоящее время завод имеет сертификаты соответствия практически на все виды выпускаемой продукции. Сертифицированы также система менеджмента качества проектирования и производства метизных изделий, система управления охраной труда и система управления окружающей средой [4].

Товарооборот в условиях рыночной конкуренции играет особую актуальность, так как от его обоснованности зависят конкурентные позиции на потребительском и промышленном рынках.

Л и т е р а т у р а

1. Режим доступа: <http://www.grandars.ru/college/ekonomika-firmy/konkurentosposobnost-organizacii.html>.
2. Режим доступа: <http://www.center-yf.ru/data/Marketologu/Konkurentosposobnost.php>.
3. Режим доступа: <http://www.pravo.by/main.aspx?guid=3871&p0=C21100656>.
4. Режим доступа: <http://history.rmz.by/page-69-ru.html>.
5. Режим доступа: <http://rechitsa.by/rayon/683-rechickij-metiznyj-zavod-predstavit-svoyu.html>.
6. Режим доступа: <http://vunivere.ru/work3355>.
7. Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D0%BA%D1%83%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B8%D0%BC%D1%83%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE.
8. Режим доступа: <http://www.rmz.by/>.
9. Режим доступа: <http://www.stal.by/sto-let-pobed-oao-rechitskii-metiznyi-zavod>.
10. Режим доступа: <http://www.center-yf.ru/data/Menedzheru/Optovyi-tovarooborot.php>.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕПЛИЧНОЙ ОТРАСЛИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Н. С. Кравцова

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

Научный руководитель Н. В. Снопко

Целью проведения данного маркетингового исследования является получение фактической информации, касающейся состояния рынка промышленных теплиц и производства тепличной продукции в Беларуси с точки зрения потенциала и перспектив развития данной отрасли.

Что ни говори, а Беларусь – страна северная. В то время как в государствах южных широт урожаи овощей, фруктов и ягод снимают по два раза в год, нам по полгода приходится жить «на закатах». Между тем потребности в витаминах никто не отменял. Именно поэтому в последние годы ставку в стране было решено сделать на выращивание овощей и фруктов, а также некоторых ягодных культур в закрытом грунте [1].

Защищенный грунт – это сооружения и земельные участки, оборудованные для создания искусственного или улучшения естественного микроклимата в целях вне-сезонного выращивания растений [2].

Главной технической задачей тепличного бизнес-хозяйства является круглогодичное обеспечение оптимальных климатических условий для выращивания овощей. При этом климатическая и агрокультурная оптимизация, достигаемая в теплицах, в разы интенсифицирует производство, что позволит получать с единицы площади урожай значительно больший, чем на открытом грунте, и, главное, круглогодично [3].

Выращивание овощей в закрытом грунте не является самостоятельным бизнесом в Беларуси. Почти все тепличные комплексы являются частью крупных агропредприятий с широким ассортиментом продукции не только растениеводства в открытом грунте, но даже мясного и молочного животноводства [4].

В настоящее время тепличный комплекс республики включает 27 тепличных комбинатов [5]. Их общая площадь составляет 240 га [6].

Овощеводство защищенного грунта представляет собой одну из самых сложных, капиталоемких и трудоемких отраслей сельского хозяйства. Доля затрат на электроэнергию, газ, тепло и воду в затратах на производство овощей достигает 50 % [2].

Производство овощей защищенного грунта имеет сезонный характер. Период массового сбора овощей из защищенного грунта приходится на май–сентябрь. В это же время овощная продукция поступает из открытого грунта и личных подсобных хозяйств (ЛПХ). В период с февраля по апрель и с октября по декабрь производство овощей защищенного грунта осуществляется в меньших объемах. С декабря по январь в тепличных хозяйствах проводится стерилизация или дезинфекция грунтов в зависимости от технологии производства. В этот период в продажу поступают в основном импортные овощи.

Из-за сезонности производства наблюдается сезонное колебание цен в течение года, месяца и даже недели. Самые низкие цены – в период массового сбора овощей и некоторое время после него, далее цены повышаются вплоть до поступления следующего урожая. Из-за того, что овощная продукция скоропортящаяся, товаропроизводители теряют на этом часть своих доходов. При увеличении объемов производства овощей необходима их срочная реализация, поэтому товаропроизводителям приходится снижать цены, соответственно, теряя часть своей прибыли.

Значительное влияние на уровень цен оказывает импортная овощная продукция. В зимне-весенний период ассортимент отечественной овощной продукции настолько узок, что те же самые импортные томаты и огурцы пользуются неплохим спросом у населения даже по самым высоким ценам. На сегодняшний день многие товаропроизводители овощной продукции не имеют необходимых теоретических знаний сложного механизма ценообразования на товары и услуги, ориентируются на цены «соседей», не имеют собственной ценовой стратегии и политики. В результате допускаются серьезные просчеты при установлении цен, что немедленно сказывается на конечных финансовых результатах, ведет в ряде случаев к существенным убыткам [2].

В соответствии с государственной комплексной программой развития картофелеводства, овощеводства и плодоводства на 2011–2015 гг., к 2015 г. около 60 % объема производства овощей предполагается сконцентрировать в крупнотоварных организациях, оснащенных современным автоматизированным технологическим оборудованием и использующих инновационные технологии выращивания растений. Планируется продолжить строительство новых теплиц преимущественно на базе крупных тепличных комбинатов, имеющих инженерные сети, инфраструктуру и кадры.

Основное строительство новых теплиц намечается осуществить в г. Минске и южных регионах страны. В теплицах, пригодных для дальнейшей эффективной эксплуатации, будет завершена реконструкция [7].

Республика Беларусь вышла на ежегодное выращивание овощей в объеме 110 тыс. т, или почти 12 кг на одного жителя. Благодаря целенаправленной политике государства в развитии тепличного овощеводства, за последние десять лет производство увеличилось в два раза, средняя урожайность составила 45 кг с квадратного метра [6].

В прошлом году существенно вырос экспорт тепличных овощей – с 16 тыс. т до 25 тыс. [6]. Большая часть тепличной овощной продукции реализуется на внутреннем рынке Беларуси, на экспорт идет около 20 % [4]. Основным зарубежным потребителем белорусских овощей – Россия.

Большое внимание уделяется экологической безопасности производственной деятельности тепличных комбинатов. Это обеспечивается внедрением энерго-ресурсосберегающей малообъемной технологии. Основными формами природоохранной деятельности данной технологии являются [8]:

- использование в качестве субстрата для растений вместо импортной минеральной ваты материалов отечественного производства – аглопорит, керамзит, перлит позволяют получать урожайность овощей не ниже, чем при использовании импортного субстрата. Кроме того, не возникает проблем с утилизацией данных материалов, что позволяет решать экологические проблемы, связанные с накоплением отходов производства, а также появляется возможность повысить эффективность производства, так как данные субстраты потом можно продать строительным организациям за 30–40 % от первоначальной цены;

- использование экологически чистых удобрений для питания растений;

- компьютерное автоматическое регулирование параметров микроклимата. Теплицы, оснащенные автоматизированными системами управления биопродукционными процессами, такими, как досвечивание рассады, светокультура растений, увеличивают урожайность более чем в 1,5 раза;

- применение биологических и других безопасных методов защиты растений.

Покрытие поверхности теплиц пленкой уменьшает вероятность проникновения почвенной инфекции в тепличный субстрат, что снижает расходы на средства защиты.

Четкая организация сбыта через собственную торговую сеть – еще один элемент успеха тепличного хозяйства. И, в первую очередь, это касается реализации цветочной продукции. Успех выращивания цветов базируется на «трех китах»: собственная сеть реализации, дешевая электроэнергия и квалифицированные кадры. В Беларуси выращивать цветы в закрытом грунте очень энергозатратно. Сложно заниматься цветами и в технологическом плане. Каждая цветочная культура имеет специфическую сложнейшую технологию выращивания, на освоение которой требуются глубокие знания и практические навыки. Импорт цветочной продукции в Беларусь имеет гораздо большую долю в структуре реализации, чем овощей. Доля отечественного производителя составляет всего около 20 %. Выращиваемые в республике цветы не отличаются широким ассортиментом, их качество уступает импортным цветам, в первую очередь, по причине «нестандартности» цветка. Бутоны белорусских роз в среднем в 2 раза меньше, чем привезенных из Голландии, Эквадора или Польши. Отпускные цены в то же время отличаются не так заметно, что в целом и ведет к предпочтению цветочными магазинами импортной продукции. Но при всех сложностях – цветы – это выгодное и перспективное направление, и Беларусь должна обеспечивать свой внутренний рынок хотя бы несколькими видами этой продукции [9].

В заключение можно отметить, что развитие тепличной отрасли, расширение ассортимента овощной продукции способствуют увеличению внутреннего производства овощей, удовлетворению потребности населения страны в качественной продукции во внесезонный период года, формируют обширный рынок сбыта, снижают возможности дальнейшего наращивания импорта овощной продукции. Поэтому, чтобы получать стабильно высокий урожай и, как следствие, регулярную прибыль, нужно строить новые современные тепличные комплексы, позволяющие экономить энергию; следует обеспечивать наиболее равномерное поступление продукции в необходимом ассортименте на протяжении всего года, увеличивать урожайность и как итог – существенно снижать себестоимость продукции.

Литература

1. Иванов, В. Чтобы ягодка поспела / В. Иванов // Республика. – 2005. – № 90. – Минск. – Режим доступа: <http://www.respublika.info/5751/government/article61877/>. – Дата доступа: 21.05.2013.
2. Кузьмина, А. А. Стратегическое развитие сельскохозяйственных предприятий в условиях рыночной экономики : дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / А. А. Кузьмина. – М., 2006. – 244 с.
3. Промышленные теплицы – бизнес на выращивании овощей. – Режим доступа: http://www.equipnet.ru/org-biz/other/other_30.html. – Дата доступа: 26.08.2010.
4. Белорусский рынок промышленных теплиц. – Режим доступа: [file:///C:/Users/Seven/Desktop/unifiles_NwhyJW%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Seven/Desktop/unifiles_NwhyJW%20(1).pdf).
5. Аутко, А. А. Состояние и перспективы развития тепличного овощеводства в Республике Беларусь / А. А. Аутко // Теплицы.ру. – Режим доступа: <http://www.greenhouses.ru/ovovodstvo-Belarusii>.
6. Девяткова, С. Тепличные условия / С. Девяткова // Нар. газета. – Режим доступа: http://ng.by/ru/issues?art_id=73616. – Дата доступа: 21.03.2013.
7. Веремейчик, Л. А. Инновации как фактор повышения эффективности предприятий тепличного комплекса / Л. А. Веремейчик // Аграр. экономика. – 2013. – № 1. – Режим доступа: <file:///C:/Users/Seven/Desktop/bp70m.pdf>. – Дата доступа: 17.01.2013.
8. Веремейчик, Л. А. Питание, продуктивность и качество томатов на минеральных субстратах в малообъемной технологии выращивания : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.04 / Л. А. Веремейчик ; Информ.-вычисл. центр М-ва финансов Респ. Беларусь. – Минск, 2008. – 41 с.
9. Кислекова, А. Тепличное хозяйство Беларуси: нет развития – нет будущего / А. Кислекова // Земледелие и растениеводство. – 2011. – № 9. – Режим доступа: http://nashaideya.com/pictures/journal/09-2011/Teplika_Dorors.pdf. – 63 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОБЫТИЙНОГО ТУРИЗМА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Е. А. Верхуша

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

Научный руководитель Л. Л. Соловьева

Неуклонный рост влияния событийного туризма как на мировую экономику в целом, так и на экономику отдельных стран и регионов является одной из наиболее значительных и долгосрочных тенденций, которые сопутствуют формированию и развитию мирового хозяйства. Сегодня эффективное функционирование системы событийного туризма невозможно без планирования, регулирования, координации и контроля со стороны структур, ответственных за его развитие. Следовательно, от правильного построения и эффективной реализации туристической политики зависят роль и место конкретного государства на рынке международного туризма.

Событийный туризм – относительно новый, перспективный и динамично развивающийся вид туризма, благодаря которому туристы становятся живыми свидетеле-

лями величайших событий в мире спорта, культуры и искусства. Он уникален своей неисчерпаемостью по содержанию: многочисленные фестивали, праздники, тематические события с каждым годом только увеличиваются благодаря международной интеграции, тесному взаимодействию культур и интернациональному сотрудничеству.

Определение «событийный туризм» впервые появилось в 80-х гг. XX в. в Европе. Тогда событийный туризм не выделялся как отдельное направление в туризме, а являлся частью таких направлений туризма, как приключенческий туризм, экологический туризм, гастрономический туризм и некоторых других. Позже он выделился и утвердился как отдельная отрасль туризма. Однако само явление событийного туризма имеет весьма глубокие корни. В основе большинства современных фестивалей лежат исторические события, праздники, традиции.

Мероприятия событийного туризма имеют большое экономическое значение. В период их проведения активизируется деятельность всех объектов туристической индустрии. Потребительский спрос значительно превышает предложения. Наблюдается возрождение местных культурных традиций, обычаев, развитие народного творчества.

Существуют следующие классификации событийного туризма:

1. По масштабу события:

- а) международный уровень;
- б) национальный уровень;
- в) региональный уровень.

2. По тематике события:

- а) национальные фестивали и праздники;
- б) театрализованные шоу;
- в) фестивали кино и театра;
- г) гастрономические фестивали;
- д) фестивали и выставки цветов;
- е) модные показы;
- ж) аукционы;
- з) фестивали музыки и музыкальные конкурсы;
- и) спортивные события;
- к) международные технические салоны [1].

Европейские фестивали являются достаточно организованными представлениями, где используются передовые развлекательные технологии, яркие декорации, качественный звук и свет. Уделяется большое внимание безопасности мероприятия, быстрому доступу зрителей на фестиваль, минимизация очередей на входе и в учреждениях, предоставляющих услуги на территории. Это все делает пребывание туристов комфортным и безопасным. На популярность события также влияет популярность бренда, под которым проходит мероприятие.

Основные плюсы событийного туризма – его всесезонность и высокая доходность. Среди минусов можно выделить лишь невозможность предсказания спроса на событие.

Участники событийных туров предъявляют повышенные требования к средствам размещения, особенно к их классическому типу – гостиницам, транспорту (удобство доставки к месту события), предприятиям общественного питания и к услугам гидов-переводчиков. Особенность событийного туризма в том, что ежегодно он пополняется новыми событийными турами, которые из случайных переходят в разряд регулярных.

Целевая аудитория событийного туризма – это обеспеченные туристы с доходом выше среднего в возрасте, преимущественно, от 20 до 55 лет. Численность населения этих возрастных групп в Республике Беларусь на 2013 г. составляет: в возрасте 20–24 лет –

711 362 человек; в возрасте 25–29 лет – 784 095 человек; 35–39 лет – 662 350 человек; 40–44 лет – 650 438 человек; 45–49 лет – 680 982 человек; 50–54 лет – 776 710 человек [4].

Событийный туризм для белорусов пользуется устойчивым индивидуальным спросом, но говорить о какой-то динамике его развития пока не приходится. Развитие этого сегмента не происходит по нескольким основным причинам, с одной стороны, туристы не так сильно интересуются событийным туризмом, с другой, его не так активно предлагают и продвигают турфирмы.

Основная причина отсутствия массового спроса на такие туры – это достаточно высокая стоимость.

Цены на событийные туры зависят от значимости самого события, места его проведения, длительности тура, количества посещаемых стран во время поездки и ряда других факторов и варьируются в пределах от 250 € до 2000 € [3].

Событийный туризм – это новые возможности для Беларуси. Беларусь имеет выгодное месторасположение, нетронутую природу, самобытную кухню, интересные идеи. Туристы уже не просто ездят на отдых за рубеж, где проводят время на пляже или знакомятся с достопримечательностями. Последнее время все активнее развивается событийный туризм – различные фестивали, необычные шоу, этнические праздники. У Беларуси есть все основания стать событийной страной и увеличить туристический поток.

Для увеличения популярности событийного туризма в Республике Беларусь, прежде всего, нужно увеличить информативность о событиях в Беларуси. Здесь важная роль отводится средствам массовой информации – без их участия и поддержки событие не соберет туристов. В этом направлении должно быть двустороннее движение: организаторам мероприятий нужно приглашать СМИ, создавать условия для их работы, заинтересовывать их, в том числе заказывая рекламу и рекламные кампании, а с другой стороны, СМИ должны быть более легкими на подъем и освещать шире различные события и культурные проекты. Для них нужны оригинальные, необычные поводы, в том числе и при подготовке к событию проводить пресс-конференции, интервью с участниками. Это интересно и для предприятий, которые рекламируют продукт вместе с событием.

Еще одно мощное, если не главное в современных условиях средство продвижения на рынок турпродукта – это Интернет. Во «Всемирной паутине» рекламы белорусских событийных мероприятий крайне недостаточно. Беларуси для продвижения событийного туризма нужен серьезный информационный портал, который бы рассказывал обо всех интересных событиях.

Нужно отметить и то, что большинство даже крупных международных проектов в Беларуси не имеют своих сайтов и страничек в Интернете. Также существует проблема перевода их на иностранные языки. Это означает, что для иностранного туриста они фактически не работают.

Рентабельность и коммерциализация событийных мероприятий должна быть высокой. Чтобы этого достичь, нужно четко понимать, на кого рассчитано мероприятие, сколько туристов оно способно привлечь, какие средства должен вложить бюджет и спонсоры и что в итоге они смогут получить.

В Минске в мае пройдет чемпионат мира по хоккею, на котором Беларусь, по предварительным оценкам экспертов, намерена заработать \$ 60 млн. Но даже если страна сработает по чистой прибыли в ноль, эффект будет все равно положительный. Вложенные в создание туристической и спортивной инфраструктуры деньги будут работать на белорусов в виде созданных объектов, приобретенного опыта, полученного позитивного имиджа, что окупится в ближайшей перспективе.

Одной из важных причин отсутствия индустрии событийного туризма в Беларуси являются недостатки планирования. Превращение отдельных местных мероприятий в индустрию требует времени на подготовку. Турфирмы должны сформировать программы, провести свои рекламные кампании, чтобы собрать туристов на мероприятие.

Еще одна из серьезных преград для развития событийного туризма в Беларуси – визовый режим. Вопрос упрощения визового режима может стать новым импульсом для развития индустрии событийного туризма.

Для привлекательности события должна развиваться туристическая инфраструктура, повышаться уровень обслуживания и сервиса, следует побеспокоиться об охране правопорядка и безопасности отдыхающих. Если мероприятие проводится на природе, надо обеспечить потребность в охраняемых автомобильных стоянках и санузлах.

В числе рентабельных и самоокупаемых крупных проектов Беларуси можно назвать: Международный фестиваль искусств «Славянский базар в Витебске»; Международный молодежный театральный форум «Март-контакт» (Могилев); рыцарский фестиваль «Белый замок» (Минская область); Международный фестиваль хореографического искусства «Сожскі карагод» (Гомель) и ряд других. И чем больше будет в Беларуси таких мероприятий, тем больше о белорусах будут знать за рубежом, тем быстрее страна достигнет показателя по экспорту туруслуг в \$ 500 млн в год – в этом году Беларусь прогнозирует заработать пока только половину этой суммы [2].

Направления и мероприятия, необходимые для развития событийного туризма в Беларуси, будут способствовать тому, что Беларусь займет достойное место в мире в сфере международного туризма в целом и событийного, в частности.

Литература

1. Бабкин, А. В. Специальные виды туризма : учебник / А. В. Бабкин. – Ростов н/Д : Феникс, 2008. – 252 с.
2. Ключ к развитию туристического рынка Беларуси – событийный туризм // Белорус. телеграф. агентство. – 2010–2014. – Режим доступа: http://www.belta.by/ru/person/comments/Sergej-Kuljagin_i_514581.html. – Дата доступа: 02.04.2014.
3. Событийные туры // Туристическая компания «Вояж-тур». – 2004–2014. – Режим доступа : http://www.vtour.by/tour_types/sobytiya.html. – Дата доступа: 02.04.2014.
4. Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2013.

СОСТОЯНИЕ КОНКУРЕНЦИИ НА РЫНКЕ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

М. С. Янченко

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

Научный руководитель Л. Л. Соловьева

Молоко называют источником жизни – да ведь это так и есть, потому что первая пища, которую получаем мы и все животные, относящиеся к классу млекопитающих, – это материнское молоко. В пользу молочных продуктов не сомневался никто и никогда. Именно от молока мы растем и набираемся сил. На сегодняшний день на рынке молочной продукции появилось много производителей различных видов молочных изделий. И все они борются за качество своего товара, долю на рынке и за признание потребителей.

Белорусская молочная отрасль – визитная карточка пищевой промышленности республики, специализируется на выпуске молока, масла, сыров, мороженого, молочных консервов и других продуктов.

Молочная промышленность Республики Беларусь насчитывает 16 молочных комбинатов (не считая 16 филиалов), 18 молочных заводов (включая 2 филиала), 16 маслосырозаводов (включая 1 маслосыробазу и 2 филиала), 7 молококонсервных заводов (включая 2 филиала), 9 сырозаводов (включая 1 сырокомбинат и 2 филиала), 4 маслодельных комбината (включая 1 маслодельный завод и 1 филиал), 3 завода по производству сухого обезжиренного молока, 3 фабрики мороженого и 37 иных предприятий по производству молока и молочных продуктов [1].

Явными лидерами в Республике Беларусь являются ОАО «Борисовский молочный комбинат», ОАО «Савушкин продукт», ОАО «Молочный Мир», ОАО «Бабушкина крынка» [2].

Рейтинг предприятий молочной промышленности в Республике Беларусь:

1. «Савушкин продукт»;
2. «БЕЛЛАКТ»;
3. «Городской молочный завод № 1»;
4. «Беловежские сыры»;
5. «Барановичский молочный комбинат»;
6. «Бабушкина крынка»;
7. «Могилевская фабрика мороженого»;
8. «Морозпродукт»;
9. «Брестское мороженое»;
10. «Березовский сыродельный комбинат».

Все эти предприятия являются конкурентами на рынке молочной продукции Республики Беларусь. Но необходимо отметить и российских производителей молочной продукции. Список крупнейших молочных предприятий возглавляют заводы трех крупнейших холдингов: «Вимм-Билль-Данн», Unimilk и Danone.

Эти холдинги имеют большой опыт работы в сфере производства молочной продукции, налаженные каналы сбыта продукции и прочную связь с потребителями. Российские производители, кроме перечисленных факторов, обладают широкой известностью своих торговых марок, а также реальными возможностями модернизации оборудования.

Главная проблема, с которой столкнулись сегодня белорусские производители, это неблагоприятное изменение ценовой конъюнктуры российского рынка. В настоящее время наблюдается стабильный рост производства молока во многих регионах мира – как в странах-экспортерах, так и странах-импортерах, в том числе в России. На рынке сформировалось предложение, превышающее спрос. В результате наблюдается снижение цен на молокопродукты. Этому способствует и постепенный рост объема складских запасов. С другой стороны, рост закупочных цен на сырое молоко в связи с ростом цен на корма и горючесмазочные материалы ограничивает увеличение рентабельности продаж белорусской молочной продукции.

Для повышения конкурентоспособности отечественной продукции необходимо улучшать качество сырья, в том числе повышать содержание белка и жира. Ведь по этим показателям пока мы уступаем ведущим европейским производителям. К примеру, Финляндии, Швеции, Дании и другим государствам ЕС, а также Новой Зеландии, Австралии. Между тем от этих показателей зависит выход товарной продукции с тонны сырья, а в итоге – и объем выручки за реализованную продукцию, и рентабельность производства.

По мнению специалистов Института мясомолочной промышленности Беларуси, не способствуют повышению конкурентоспособности белорусских молочных предприятий их разрозненность, отсутствие глубокой специализации производства. В итоге ассортимент продукции отечественных молокопереработчиков дублируется. Из-за несогласованной системы продаж они теснят друг друга на рынке. В то же время наличие специализации привело бы к углубленной переработке сырья, а значит, получению дополнительной добавленной стоимости вне зависимости от конъюнктуры цен на рынке сбыта. Именно такой подход характерен для выпуска той или иной молочной продукции в Европе. Кроме того, у белорусских предприятий имеются сложности с выходом на розничные сети, слабо развит брендинг, а также уделяется недостаточно внимания изменениям на рынке. Есть вопросы по упаковке продукции, изучению потребительского спроса. Совершенствовать эти процессы при осуществлении внешнеэкономической деятельности белорусским молокопереработчикам предстоит уже в ближайшее время с учетом ожидаемого усиления конкуренции на российском рынке.

Ассортимент вырабатываемой в республике молочной продукции включает более 1000 наименований, в том числе масла – 30, сыров – более 160, цельномолочной продукции – более 500 наименований. В целях удовлетворения спроса населения Республики Беларусь продукцией животноводства расширяется ассортимент и увеличиваются объемы вырабатываемой в республике молочной продукции. Созданы новые виды цельномолочной продукции, широкий ассортимент творожных десертов, кисломолочных продуктов и др. В целях улучшения качества выпускаемой продукции проводится техническое перевооружение предприятий и молочной отрасли с установкой новых видов современного оборудования.

С целью общего повышения уровня потребления молока внутренними целевыми группами потребителей необходимо использовать различные инструменты продвижения проектов, формирующих положительный имидж молочной промышленности: новости, сайты проектов, областной журнал, газета, программы на радио, рейтинги (награждение), дегустации, конкурсы, фестивали, ярмарки, циклы передач на областном телевидении, участие в событиях культурной жизни (праздники, PR-акции), детский Центр гостеприимства, интернет, видеофильмы, фирменная папка, материалы по проектам), открытки, карты, сувениры к продукции, особенно для детей, выставки, конференции, симпозиумы, форумы, имиджевые материалы в белорусских и международных журналах, газетах, ТВ и радиопрограммы, PR-компании.

У каждого конкурента свой уровень цен, ассортимент, качество и т. д. Рассмотрим наших отраслевых конкурентов с помощью многоугольника конкурентоспособности.

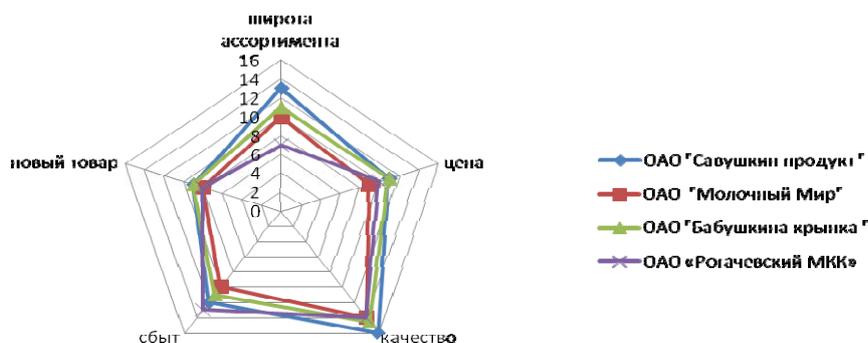


Рис. 1. Многоугольник конкурентоспособности

На рис. 1 изображен многоугольник конкурентоспособности, на котором видно, что ассортимент самый высокий – у предприятия ОАО «Савушкин продукт», а самый маленький – у ОАО «Рогачевский МКК». Следующий фактор – это цена. Самая низкая цена – у ОАО «Молочный Мир» и самая высокая – у ОАО «Савушкин продукт». Далее это – качество. Самое лучшее качество – ОАО «Савушкин продукт» и самое худшее – это ОАО «Молочный Мир». Сбыт самый лучший – у ОАО «Савушкин продукт» и остальные предприятия приблизительно на одинаковом уровне. И последний фактор – новый товар, т. е. довольно часто производят новый товар – все предприятия находятся на одинаковом уровне, но лидером считается ОАО «Савушкин продукт».

Литература

1. Новости молочного рынка каждый день. – Режим доступа: <http://www.dairynews.ru/news/nastoyashchee-i-budushchee-molochnoy-otrasli-belor.html>. – Дата доступа: 14.03.2014.
2. Номинал Технология. – Режим доступа: <http://nnt.by/research/industry/dairy-factories-2012>. – Дата доступа: 03.04.2014.
3. Портал информационной поддержки экспорта. – Режим доступа: http://export.by/resources/izdaniya_i_publicacii/molochnaya_otrasl_bearusii_prioriteti_v_strategii_.html/. – Дата доступа: 03.04.2014.
4. ОАО «Савушкин продукт». – Режим доступа: www.savushkin.by. – Дата доступа: 03.04.2014.

ОСОБЕННОСТИ SMM ПРЕДПРИЯТИЙ БЕЛАРУСИ

М. В. Гончар

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

Научный руководитель И. А. Фукова

SMM (социальный медиа-маркетинг) – это деятельность в социальных медиа, стимулирующая спрос на товар или услугу фирмы или предприятия. К социальным медиа относятся социальные сети (Вконтакте, Одноклассники), блоги, микроблоги, Wikipedia, видеохостинги (Youtube) и другие ресурсы, характеризующиеся наличием сообщества пользователей и их взаимодействием вокруг определенного вида контента. Эти ресурсы собирают многомиллионную аудиторию пользователей, которые все больше времени проводят в он-лайн среде.

В современных условиях социальные сети имеют особый статус. Они отличаются высокой степенью охвата, интерактивностью, большим доверием к публикуемой информации, возможностью индивидуализации, личного взаимодействия и упрощения сегментации рынка. Для пользователей социальных сетей – это платформы для общения, источник информации, а также площадка для размещения в широком доступе фото-, видео- и аудио-материалов. Для компаний присутствие в социальных сетях также играет немаловажную роль: оно позволяет информировать людей о своей деятельности, а также о мероприятиях, проводимых компанией, наладить личное общение с потребителями и оценивать результат различных нововведений. Презентация бизнеса в социальных сетях воспринимается пользователем положительно, и дает гораздо более убедительные результаты, чем работа исключительно с веб-сайтом компании. В данной работе были проанализированы 8 белорусских предприятий, участвовавших в конкурсе «Бренд года 2013», а также широко известные не только в Беларуси, но и за рубежом. Это такие компании, как «Милавица», «Санта

Бремор», «Спартак», «Бабушкина крынка», «Марко», «Пинскдрев», «МТС», «Балтика», «Крыница». SMM имеет свои инструменты, при перечислении которых будет анализироваться деятельность предприятий, описанных выше.

Создание и продвижение сообществ бренда (создание и продвижение сообществ в социальных сетях, покупка существующих сообществ, спонсирование тематических сообществ и пр.). В пятерке самых популярных сайтов среди белорусов на 2013 г. оказались «Одноклассники», «ВКонтакте», «YouTube», «Твиттер» и «Фейсбук». К сожалению, только одна из представленных компаний имеет свою группу в социальных сетях «ВКонтакте» – это компания «МТС», численность группы составляет больше 16 тыс. человек, что является достаточно весомым числом.

Продвижение на нишевых социальных сетях (продвижение в закрытых и узкотематических сетях, создание собственной социальной сети и пр.). Как правило, белорусские компании идут по пути наименьшего сопротивления и создают свои собственные сайты. Все 8 из представленных компаний имеют официальные сайты, на которых представлена достаточно полная и красочная информация о компании и ее продуктах. Но для потребителей этого недостаточно, ведь далеко не каждый станет специально заходить на официальный сайт. Пользователям удобнее читать о компаниях попутно, интересуясь конкретной тематикой, что большинство Белорусских компаний предоставить не может.

Создание и развитие собственных информационных площадок (ведение и продвижение корпоративного блога, создание аккаунта на Twitter, видеоблога и пр.). Что касается твиттера, то эта социальная сеть обделена вниманием со стороны Белорусских компаний, ее понапрасну недооценивают. Всемирно известные бренды, такие, как «Apple», «Макдональдс», «Фольксваген» и другие имеют свои странички в Твиттере, на которые подписаны десятки тысяч человек со всего мира. Главный для компаний плюс этой социальной сети в том, что при любых обстоятельствах пользователь будет оповещен о новом посте от той или иной страницы, что не учитывают белорусские компании на сегодняшний день.

Продвижение контента (написание статей для Wikipedia, размещение на сайте (блоге) уникального бесплатного контента, распространение социальных релизов и пр.) Написание статей для Wikipedia в этом пункте является самым популярным для предприятий, анализируемых в работе. Компании «Милавица», «Санта Бремор», «Спартак», «МТС», «Балтика», «Крыница» создали там свои статьи. Этот способ SMM является самым простым и незатратным, поэтому так широко представлен.

Проведение интерактивных акций (проведение вебинаров, создание промо-приложений и игр, проведение опросов и пр.). В этом пункте наиболее широко рассмотрим опросы, так как они наиболее часто используются теми компаниями, которые представлены выше. Как правило, опросы производятся на официальных сайтах и в довольно ненавязчивой форме. Так, компании «Балтика», «Милавица», «Крыница», «МТС» и «Марко» активно пользуются интернет-опросами на своих официальных сайтах. Что же касается создания приложений и игр, а также проведения вебинаров, то здесь 8 из представленных компаний не проявили себя. Скорее всего, это связано с тем, что их создание требует достаточно крупных финансовых вложений и создания более широкого бренда, чем есть на сегодняшний день.

Персональный брендинг (создание и продвижение личного профайла, продвижение профайлов сотрудников компании, участие представителя компании в ведении популярного коллективного блога и пр.). Тут можно говорить о людях, которые

наиболее широко известны публике и как-то связаны с компанией. В большинстве случаев – это главы этих компаний, чьи имена непосредственно ассоциируются с самой организацией. Их имена могут звучать в средствах СМИ и не всегда – по положительным поводам. Подобные случаи всегда привлекают внимание к их компаниям, а положительное или отрицательное – это другой вопрос. Так, например, внимание общественности в конце 2013 г. привлекла отставка Дмитрия Дичковского от должности генерального директора компании «Милавица», о причинах которой не ясно до сих пор. Таких примеров много, и они не остаются без внимания.

Рейтинги и топы (повышение рейтингов и вывод сайта в топ необходимых для продвижения сайтах). В этом пункте идет речь о том, что когда пользователи вводят в поисковике запрос, они первыми получают те результаты, которые отличаются наивысшим рейтингом и посещаемостью. Все мировые компании стремятся к этому, и белорусские в том числе. Однако при вводе запросов, типа: «нижнее белье в Беларуси», «обувь в Беларуси», или «пиво в Беларуси» можно увидеть лишь общую информацию, картинки и статьи, но эти запросы не выводят напрямую к сайтам компаний, которые представлены в этой отрасли. Это очень серьезное упущение для компаний, потому что, как показывает мировая практика, это очень эффективный способ воздействия на потенциальных потребителей.

SMM имеет несравненное количество положительных сторон, однако существуют особенности, без соблюдения которых смысл продвижения в медиасреде теряется. Прежде всего, это сложность точного выбора площадки воздействия. При неправильном выборе в лучшем случае компания может попросту не заработать вложенные деньги обратно, в худшем – разориться. Так часто бывает у мелких фирм, которые не в состоянии провести после провала еще одно внедрение в пространство социальных медиа. Для белорусских компаний эта проблема является наиболее актуальной. Это связано с тем, что в стране нет такого опыта SMM, как в других странах. Однако медленно, но верно Беларусь – на пути освоения пространства Интернета с точки зрения маркетинга.

Иногда страница или сайт, созданные для обсуждения продукции или услуг фирмы, могут повернуться против этой фирмы. Такие примеры в мировой практике можно встретить довольно часто. Ни одна компания не застрахована от такого риска. Беларусь сталкивается с подобными проблемами реже по все той же причине – пространство Интернета как инструмента маркетинга освоено слабо, а обсуждения продукции компаний можно встретить крайне редко.

Вложить средства в SMM и выиграть от этого может только компания, полностью уверенная в своих силах, – в качестве своего продукта, в надежности своей инфраструктуры, в компетентности своего персонала. Одним словом, можно назвать все вышеперечисленное репутацией. И далеко не у каждой компании она есть. При продвижении в социальных медиа это может дать два эффекта: либо компании поверят и станут пользоваться ее услугами или товарами, либо не оценят старания ввиду незнания этой фирмы и приверженности к более известным маркам. Как показывает мировая практика, второй вариант распространен намного шире.

Большинство компаний стремятся просчитать риски, на которые идут, и решить для себя, стоит ли SMM их внимания и финансирования.

Отличительной особенностью белорусского SMM является то, что далеко не все методы, используемые в мировой практике, как можно увидеть из данной работы, используются и распространены в Беларуси. Так, например, специалисты по маркетингу отмечают, что белорусские компании не так широко применяют «спам» и достаточно честны перед своими потенциальными потребителями. На сегодняшний день далеко не все компании Беларуси видят смысл в продвижении посредством

сети Интернет, упуская тот факт, что большое число их потенциальных покупателей могут приобрести продукцию конкурентов ввиду большей осведомленности все из того же Интернета. Компании, которые используют SMM, относятся к среднему, а иногда и малому бизнесу. Крупные компании, изготавливающие производственное оборудование или другие узкопрофильные товары, в единичных случаях используют SMM, потому что их направление имеет немного другую специфику.

В заключение хотелось бы отметить, что SMM предприятий Беларуси – это сложный механизм, который был запущен сравнительно недавно. Белорусские компании идут по неизвестному на сегодняшний день для них пути. Однако приобщение к мировой практике в этом вопросе – хорошая тенденция, требующая внимания и немалых вложений, как физических, так и финансовых. SMM – это далеко не идеальная модель продвижения товаров или услуг, гарантирующая 100-процентную отдачу. На самом деле – это рискованный шаг, особенно для небольших организаций. Как обернется продвижение в социальных медиа, далеко не всегда зависит только от самой компании, поэтому эффект непредсказуем. Это касается как белорусских фирм и предприятий, так и всего мира в целом. Однако в случае успеха есть возможность завоевать не только новых клиентов и повысить свою репутацию, но и выйти на другой уровень. Поэтому каждая компания для себя делает персональный выбор.

БЕНЧМАРКИНГ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Т. С. Богданович

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

Научный руководитель Л. Л. Соловьева

Главная особенность бенчмаркинга состоит в том, что он строится на основе партнерства с теми, чей опыт заимствуется. Бенчмаркинг приобретает все большую популярность в мире как эффективный метод совершенствования деятельности любых предприятий и организаций: от транснациональных компаний до департаментов городских и региональных органов управления.

Исходя из этого, изучение бенчмаркинга является достаточно актуальной темой для анализа.

Предметом исследования данной работы является бенчмаркинг как метод совершенствования деятельности предприятий.

Результат исследования начнем с научной трактовки понятия бенчмаркинг.

Бенчмаркинг (англ. benchmarking) – это метод управления, ориентированный на воспроизводство эталона. Он предусматривает сбор информации о чужих эталонах и ключевых параметрах бизнес-операций (бенчмарках) и их воспроизводство в деятельности своей компании.

Это ровно то же самое, только в названии особо подчеркивается рыночный характер деятельности. Говоря о бенчмаркинге, часто имеют в виду маркетинг стратегический, связанный с изучением и использованием чужого опыта позиционирования товаров и услуг. Однако не менее полезными могут оказаться анализ и копирование чужого опыта на «элементарных» уровнях маркетинговой деятельности, таких как, формы продвижения и мерчандайзинга, организация работы с клиентами.

Родоначальниками бенчмаркинга принято считать японцев, которые научились идеально копировать чужие достижения. В 50-х гг. прошлого века представители японских компаний изучали американские журналы по менеджменту, тщательно ис-

следовали европейские и американские товары и услуги, чтобы выявить их сильные и слабые стороны, а затем выпускали нечто подобное по меньшей цене. При этом японцы успешно переносили технологии и ноу-хау из одной сферы бизнеса в другую.

На Западе бенчмаркинг начали активно использовать лишь в конце 1970-х гг. В это время японские предприятия конкурировали с американскими фирмами и, в частности, компания «Хегох» стала искать причины резкой утраты своей доли рынка копировальных аппаратов. Фирма детально исследовала опыт японской фирмы «Fuji». Топ-менеджеры «Хегох» даже переехали на какое-то время в Японию, чтобы изучить не только технические достижения, но и новшества в области менеджмента, внедренные разными компаниями, в том числе из других сфер бизнеса. Использование этого опыта позволило «Хегох» снизить издержки, повысить производительность труда.

В Японии, США и других странах программы бенчмаркинга развиваются при государственной поддержке. Там действуют своеобразные «индустриальные бюро знакомств» (определение Ф. Котлера), которые созданы специально для поиска партнеров по бенчмаркингу. Можно считать, что благодаря такому обмену опытом, выигрывает экономика страны в целом. Итак, суть бенчмаркинга не только в том, чтобы посмотреть на чужой опыт и что-то из него повторить, а в том, чтобы разработать формализованную систему показателей эффективности, изучить, как достигается каждый из показателей, каков его вклад в общий успех, и затем уже осознанно воспроизвести и внедрить у себя необходимый набор бизнес-решений.

Причины сегодняшней популярности бенчмаркинга

Глобальная конкуренция. В период глобализации бизнеса компании осознают необходимость всестороннего и детального изучения и последующего использования лучших достижений конкурентов в целях собственного выживания.

Вознаграждение за качество. В последние годы все большее распространение получают проходящие на национальном уровне компании по определению и вознаграждению фирм-лидеров качества. Условия участия в подобных программах предполагают помимо демонстрации компаниями-участниками конкурентных преимуществ выпускаемых ими продуктов обязательное применение концепции бенчмаркинга в практике управления компанией.

Необходимость повсеместной адаптации и использования мировых достижений в области производственных и бизнес-технологий. Чтобы не остаться позади своих конкурентов, всем компаниям независимо от размера и сферы деятельности необходимо постоянно изучать и применять передовой опыт в области производственных и бизнес-технологий

Применение бенчмаркинга заключается в четырех последовательных действиях:

- 1) понимание деталей собственных бизнес-процессов;
- 2) анализ бизнес-процессов других компаний;
- 3) сравнение результатов своих процессов с результатами процессов анализируемых компаний;
- 4) внедрение необходимых изменений для сокращения отрыва.

В этой связи принято выделять несколько типов бенчмаркинга, которые отличаются по своим задачам и составу выполняемых работ:

1. *Функциональный бенчмаркинг*, предполагающий сравнение эффективности отдельных функций и этапов бизнес-процессов «по частям».

2. *Конкурентный бенчмаркинг*, заключающийся в анализе организации бизнеса в компаниях-конкурентах на основе информации, которую они сами о себе распространяют, а также информации от клиентов и поставщиков.

3. *Общий (межотраслевой) бенчмаркинг*, состоящий в изучении положения дел в других отраслях и выявлении ценного опыта, который может быть использован в своем бизнесе.

4. *Внутренний бенчмаркинг*, ориентированный на сравнение подразделений внутри самой компании, выявление и распространение успешного опыта.

Социальные медиа и бенчмаркинг в компании «Nokia»

Nokia является международной телекоммуникационной компанией, занимающейся созданием мобильных устройств, сервисов и решений для динамично развивающихся глобальных рынков. В компании «Nokia» бенчмаркинг используется для поддержки и постановки новых задач развития в различных областях, например, логистики, исследований и разработок, взаимоотношений в коллективе. При этом бенчмаркинг является неотъемлемой частью проектов развития компании и программ обучения.

Подходы к бенчмаркингу включают в себя совместный и конкурентный бенчмаркинг, участие в группах бенчмаркинга, проекты бенчмаркинга по избранной тематике и в отношении избранных компаний, а также участие в более широких исследованиях в области бенчмаркинга. Обмен информацией о результатах бенчмаркинга также может быть частью проектов академических исследований с участием нескольких промышленных компаний.

Примером результатов является сравнение важнейших показателей результативности компании «Nokia» с лучшими отраслевыми показателями (рис. 1).



Рис. 1. Сравнение важнейших показателей результативности компании «Nokia»

Одним из примеров классической методики анализа и внедрения считается разработка корпорации «Хегох», которая включает 10 шагов, разбитых на четыре этапа:

1. Подготовка. Выявляется объект бенчмаркинга, всесторонне оценивается в деньгах, анализируется вся доступная информация, выбирается предприятие для сравнения.

2. Анализ. Сопоставляются основные параметры (качество, временные и денежные затраты, удовлетворенность клиентов), вычленяются неэффективные, определяются причины, почему, у других лучше.

3. Внедрение. Ставятся цели и определяются стратегии оптимизации, на предприятии добиваются осознания необходимости изменений, составляется их план. Изменения реализуются с обязательным контролем эффективности.

4. Повторение. Со временем все нововведения становятся стандартом на рынке и требуют обновления. Поэтому бенчмаркинг проводится по новому циклу.

В ходе анализа эффективности других компаний «Хегох» изменила порядок складирования готовой продукции, запустила двухуровневую дистрибуцию (кстати, впервые именно в России), ускорила сборку изделий на участках, где требовался ручной труд и т. п. Изучение и внедрение лучших наработок многих компаний обеспечило «Хегох» конкурентными преимуществами.

Показательным примером являются эталонные сравнения, проведенные компанией «Ford». Бенчмаркинг проводился в девяностых годах прошлого века с целью поднять пошатнувшиеся позиции компании. Было проведено глобальное исследование более 50 моделей автомобилей с целью изучения их преимуществ и предпочтений потребителей. Определили по каждому привлекательному свойству лучший автомобиль в классе, чтобы достичь аналогичных показателей и даже превзойти их. Результатом стал выпуск автомобиля «Taurus», который назвали автомобилем года. Но через некоторое время «Taurus» утратил свои позиции, отклонившись в процессе доработок от первоначальной концепции. Это доказало руководителям Ford, что бенчмаркинг является процессом постоянным и непрерывным, а не является одноразовым мероприятием.

Бенчмаркинг представляет собой надежный метод усовершенствования бизнес-процессов благодаря изучению деятельности других компаний.

Метод бенчмаркинга применим в оценке деятельности предприятий РУП «Гомельхлебпром» ОАО «Калинковичский хлебозавод». Оценку проведем на примере передового опыта ОАО «Слуцкий хлебозавод».

Сегодня ОАО «Слуцкий хлебозавод» входит в тройку лидеров в области и занимает 10 % рынка региона. В ассортименте предприятия представлено около 120 видов хлебобулочных и кондитерских изделий, рассчитанных на разные слои населения. Ежедневно предприятие выпускает около 30 т продукции.

Специалисты предприятия активно проводят исследования потребительских предпочтений, разрабатывают новые виды продукции и упаковки. ОАО «Слуцкий хлебозавод» работает в соответствии с нормами ГОСТа, гарантирующего высокое качество выпускаемых продуктов. Контроль качества проводится на каждом этапе производства продукции.

Используя опыт ОАО «Слуцкий хлебозавод», можно предложить предприятию ОАО «Калинковичский хлебозавод» организовать бестарный способ доставки и хранения муки на складе. Внедрение на предприятие бестарных установок для хранения муки и ее транспортирования в муковозах позволит не только устранить тяжелый ручной труд, ликвидировать использование мешков, но и значительно сократить потери. В этом случае экономия муки составит до 0,1 % от общего ее количества.

Также приоритетным является расширение ассортимента продукции, что на эталонном предприятии позволило увеличить прибыль на 10 %.

Бенчмаркинг является не мероприятием по обмену опытом или методикой самоутверждения, а волевым желанием учиться у лучших компаний и внедрять все самое лучшее в собственные процессы производства. Сравнение процесса предприятия с процессами партнеров по бенчмаркингу позволяет установить истинное положение предприятия относительно партнеров.

Литература

1. Рябченко, А. П. Правильно копируйте чужой успех / А. П. Рябченко // Маркетинг идеи и технологии. – 2012. – № 3. – С. 21–23.
2. Стариков, В. В. Бенчмаркинг – путь к совершенству / В. В. Стариков // Маркетинг в России и за рубежом. – 2012. – № 4. – С. 10–13.
3. Творческий стратегический бенчмаркинг. Режим доступа: <http://www.benchmarkingclub.ru/benchmarking.html>. – Дата доступа: 12.03.2014.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОГО СЕРВИСА
ОАО «ГОМЕЛЬСТЕКЛО» НА РЫНКЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ****Ю. А. Старотиторова***Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель А. Ю. Бердин

Деятельность производителя любых товаров обречена на неудачу, если должным образом не организован высококачественный сервис – это непереносимое условие рыночного успеха товара. Из года в год важность сервиса непрерывно возрастает, что объясняется многими причинами, в частности, развитием концепции всеобщего управления качеством в индустрии сервиса, нацеленностью в своей деятельности многих предприятий на конечного потребителя и др.

В условиях «рынка потребителя» продавец вынужден строить свою деятельность, исходя из потребительского спроса. При этом спрос не ограничивается спросом на товар. Покупатель диктует свои условия также и в области состава и качества услуг, оказываемых ему в процессе поставки этого товара. Однако главный принцип современного сервиса состоит в следующем: «Кто производит, тот и обслуживает». Иными словами, кто производит изделие, тот организует и ведет его сервис.

На конкурентном рынке сервис является подсистемой маркетинговой деятельности предприятия, обеспечивающей комплекс услуг, связанных со сбытом и эксплуатацией потребителем товаров. Правильно ориентированный сервис, сопровождающий изделие на всем протяжении его жизненного цикла у потребителя, обеспечивает постоянную его готовность к нормальному потреблению и работоспособность. Все это объясняет важность работы по организации сервиса.

В последнее время для привлечения и удержания клиентов многие предприятия-производители организовали доставку своей продукции потребителям собственным автотранспортом. Удобная и достаточно развитая сеть автодорог позволяет осуществлять автоперевозки в любом направлении. Автоперевозки отличаются целым рядом преимуществ. Во-первых, это возможность доставки груза в любое время и место, удобное для заказчика. Во-вторых, подобные грузоперевозки позволяют транспортировать товар прямо к месту назначения. В-третьих, они осуществляются по наиболее выгодному для заказчика маршруту.

Таким образом, в связи с возрастанием роли автоперевозок и сервисного обслуживания Брянскому торговому дому ОАО «Гомельстекло» предлагается оказывать услугу потребителям по доставке стекла собственным автотранспортом.

Приблизительно два года назад предприятия-потребители при заказе (покупке) стекла пользовались услугами специальных транспортных компаний. На сегодняшний момент ситуация существенно изменилась. Теперь большинство этих предприятий прибегают к услугам по доставке стекла непосредственно предприятием-изготовителем.

Такое значительное изменение связано с тем, что при заказе услуги по доставке стекла в специальных транспортных компаниях, во-первых, происходили сбои поставок стекла по вине транспортных компаний, во-вторых, не все транспортные компании умеют правильно работать со стеклом, и с каждым разом учащались случаи боя стекла из-за неправильного обращения, погрузки и транспортировки. Поэтому большинство производителей решило отказаться от услуг транспортных компаний и перейти к использованию услуги по доставке стекла собственным транспортом непосредственно предприятиями-производителями.

Брянскому торговому дому для нормального обеспечения доставки стекла потребителям необходимо приобрести грузовые автомобили грузоподъемностью 20 т. Приобретать такие автомобили потребителям, для того чтобы им самим забирать стекло, невыгодно, так как в этом случае машина будет простаивать и необходимость в нем будет появляться только тогда, когда будет необходим новый объем стекла. То есть покупка данного автомобиля, именно потребителями стекла для обеспечения собственной доставки, экономически не выгодна.

В связи с вышеизложенным услуга по доставке стекла собственным транспортом, которая предлагается Брянскому торговому дому ОАО «Гомельстекло», будет пользоваться спросом у потребителей. Конечно, с повышением уровня сервиса затраты на сервис, естественно, возрастают. Однако снижение уровня обслуживания ведет к увеличению потерь, вызванных отказом потребителей (клиентов) обращаться к предприятию из-за ухудшения качества сервиса. Главная цель – не зарабатывать на клиентах, а удерживать их.

Также следует отметить тот факт, что многие потребители Брянского торгового дома хотели бы, чтобы стекло доставлялось железнодорожным транспортом, так как это намного дешевле. Однако пока такую услугу торговый дом предоставить не может. Во-первых, к торговому дому не подведены железнодорожные пути, во-вторых, у него нет специальных кранов для погрузки и т. д. Поэтому первоначально доставка будет 100 % осуществляться автомобильным транспортом.

Брянскому торговому дому необходимо приобрести два автомобиля грузоподъемностью 20 т. Вместимость одного такого автомобиля составляет 2 022,3 м² стекла, т. е. 7 пачек стекла по 15 листов. Также необходима обязательная регистрация в органах ГИБДД. Таким образом, необходимо найти сумму единовременных затрат, в которую будут входить цена двух автомобилей и их регистрация. Величина единовременных затрат составляет 8 494 962 рос. р.

Далее был проведен расчет текущих затрат, связанных с приобретением двух автомобилей. Эти затраты состоят из затрат на страховку, технического обслуживания, запчастей, а также заработной платы водителей и затрат на топливо в годовом исчислении. Было установлено, что текущие затраты составляют 5 094 774 рос. р.

Среднее расстояние до районов транспортировки составляет 200 км. Для обеспечения бесперебойных поставок планируется нанять четырех водителей. Таким образом, ОАО «Гомельстекло» может организовать четырехрейсовую доставку стекла в день. Расчет показал, что два автомобиля будут совершать 1 008 рейсов в год.

За один рейс автомобиль перевозит 2 022,3 м² стекла, а за четыре рейса – 8 089,2 м². Таким образом, количество стекла, доставляемое потребителям собственным транспортом, составляет 2 038 478 м²/год.

Доставка стекла Брянского торгового дома собственным транспортом будет стоить 32 рос. р./км, а аренда автомобиля у транспортных компаний составляет 46 рос. р./км. Следовательно, у торгового дома существует еще одно преимущество.

При организации доставки стекла потребителям на нужное расстояние в цену закладывается и стоимость обратного пути автомобиля. Следовательно, цена доставки на 200 км будет составлять 12 800 рос. р.

В результате вычислений было установлено, что выручка торгового дома от обеспечения доставки стекла клиентам собственным транспортом составляет 12 902 400 р. Российской Федерации в год, а потенциальный экономический эффект предложенного мероприятия составляет 6 533 382 р. р., и поэтому реализация данного предложения будет выгодна Брянскому торговому дому ОАО «Гомельстекло».

Курс российского рубля на 19.02.2014 г. составляет 275 бел. р. Значит потенциальный экономический эффект в белорусских рублях будет составлять 183 912 958 бел. р.

В заключение хотелось бы сказать, что реализация данного предложения позволит торговому дому, а также непосредственно ОАО «Гомельстекло» обеспечить себе конкурентное преимущество, удержать собственных клиентов, а главное – привлечь новых.

Литература

1. Глубокий, С. Товаропроводящая сеть предприятия. Эффективные решения по организации, маркетингу и менеджменту : учебник / С. Глубокий. – Минск : Изд-во Гревцова, 2008. – 350 с.
2. Городко, М. В. Товаропроводящая сеть – основа создания логистической системы / М. В. Городко // Проблемы управления. – 2011. – № 4. – С. 108–111.
3. Овечкина, О. Теоретические аспекты развития ТПС / О. Овечкина // Товаропроводящая сеть Респ. Беларусь. – 2009. – № 1. – С. 22–26.
4. Перевозки грузов собственным автомобильным транспортом / Транспортная компания Asstra. – Режим доступа: <http://www.asstra.by/ru/asstra-transport-ag/>.

МАРКЕТИНГОВЫЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ ЭФФЕКТИВНОГО РЫНКА СБЫТА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ НА ПРИМЕРЕ РУП «ГЛВЗ»

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

А. А. Кличковская

Научный руководитель М. О. Гиль

При выходе на внешний рынок предприятие попадает в условия жесткой международной конкуренции. В этих условиях можно успешно работать, лишь применяя современные методы управления, в том числе и маркетинг. Прежде чем окончательно принять решение о выходе на зарубежный рынок, предприятие должно разработать концепцию развития своей внешнеэкономической деятельности, а затем уже приступить к детальной проработке этих вопросов. Проблема белорусских предприятий состоит в том, что зачастую бытует мнение, что если один товар хорошо продается на одном рынке, то такая же ситуация будет и на других рынках. Такая позиция в корне неверна, для того чтобы определить, какой товар будет успешно реализован на рынке той или иной страны, необходимо детально изучить этот рынок и выявить незаполненные ниши.

Для эффективного выхода на рынок Казахстана РУП «ГЛВЗ» необходимо дать ответ на ключевые вопросы, относящиеся к деятельности фирмы на внутреннем рынке, а также рассмотреть перспективу выхода на международный рынок с позиций его привлекательности и доступности. Для исследования ключевых моментов в деятельности фирмы на международном рынке воспользуемся схемой Исикавы. В рамках данной работы не возможно рассмотрение всех групп факторов, поэтому мы остановимся на наиболее важной в современных рыночных условиях группе – маркетинговых.

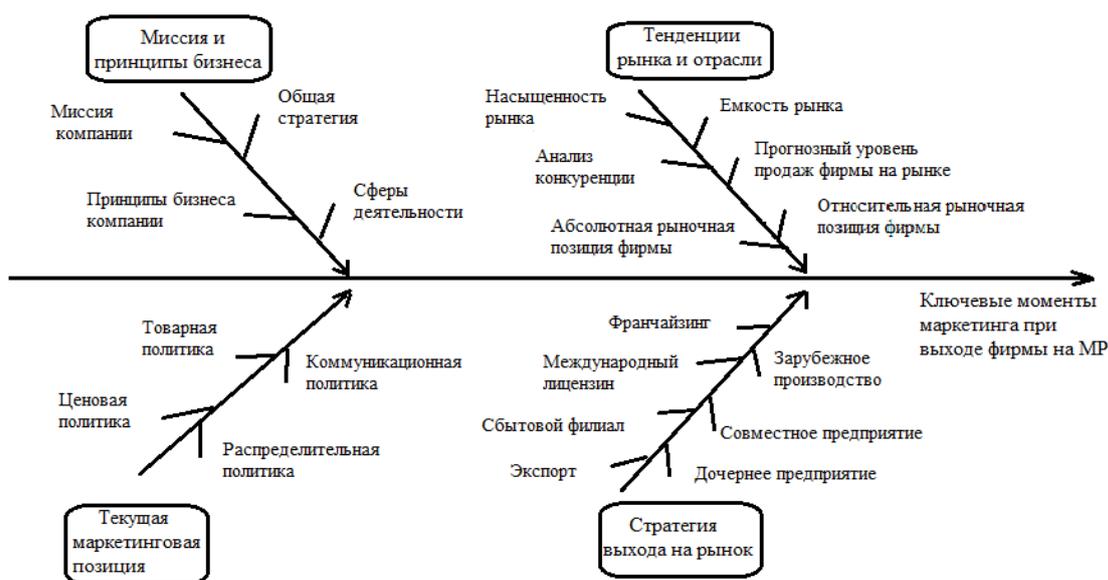


Рис. 1. Схема Исикавы

Наиболее актуальным вопросом является определение тенденций развития рынка и отрасли, а также места предприятия на данном рынке. В качестве примера рассмотрим рынок Казахстана – для отрасли крепких спиртных напитков, а также возможность для РУП «ГЛВЗ» проникновения на рынок. Для этого необходимо определить привлекательность рынка, а именно: потенциальный спрос, уровень конкуренции, емкость рынка, а также смоделируем прогноз продаж без учета влияния маркетинговых факторов для РУП «ГЛВЗ».

Привлекательность рынка, в первую очередь, определяется состоянием рыночного спроса:

$$C_{\text{потенц}} = N_{\text{старше15}} \cdot \text{Потр}_{\text{алк}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{потенц}}$ – потенциальный спрос; $N_{\text{старше15}}$ – население старше 15 лет; $\text{Потр}_{\text{алк}}$ – количество потребляемого алкоголя.

При этом количество потребляемого алкоголя измеряется в литрах чистого этилового спирта на человека за год и составляет 8,94 л на человека старше 15 лет, крепостью 45 % (по методике Всемирной организации здравоохранения учитываются все лица старше 15 лет). Согласно Агентству Республики Казахстан, по статистике население Казахстана старше 15 лет в 2013 г. составило 12607,4 тыс. человек. Тогда:

$$C_{\text{потенц}} = 12\,607\,400 \cdot 8,94 = 112\,710\,156 \text{ л.} = 11\,271 \text{ тыс. дал.}$$

Также важным критерием оценки привлекательности и насыщенности рынка Казахстана является емкость рынка. В ретроспективе емкость рынка можно оценить по совокупному объему продаж всех компаний на рынке или по следующей формуле:

$$V_p = V_{\text{п}} + V_{\text{и}} - V_{\text{э}}, \quad (2)$$

где V_p – емкость рынка; $V_{\text{п}}$ – объемы производства внутри страны; $V_{\text{и}}$ – объемы импорта; $V_{\text{э}}$ – объемы экспорта.

Производство крепких спиртных напитков (коньяк, ликеры, водка и ЛВИ, спирт питьевой) составило 10 837,7 тыс. дал. При этом импорт составил 3 344,4 тыс. дал., экспорт – 1 842,4 тыс. дал.: $V_p = 10\,837,7 + 3\,344,4 - 1\,842,4 = 12\,339,7$ тыс. дал.

Таким образом, емкость рынка крепких спиртных напитков составляет 12 339,7 тыс. дал., потенциальный спрос на продукцию – 11 271 тыс. дал. Сравнивая эти две величины, можно сделать вывод, что рынок крепких спиртных напитков Казахстана весьма насыщен, существует преобладание спроса над предложением.

Важным показателем при входе на новый рынок является прогноз продаж. В наиболее общем виде формула, которая могла бы учесть факторы, влияющие на формирование уровня спроса на продукцию отдельно взятой компании, имеет следующий вид:

$$C = N_{\text{потенц}} \cdot I_{\text{ср}} \cdot t \cdot k_{\text{мотив}} \cdot k_{\text{измен. мотив}} \cdot k_{\text{прив}} \cdot k_{\text{конк}} \cdot k_{\text{воспр}} \cdot k_{\text{диффуз}} \quad (3)$$

Расчетные показатели для определения прогнозного уровня продаж, а также методы их расчета представлены ниже:

– $N_{\text{потенц}}$ – количество потенциальных потребителей в рамках сегмента. Для Казахстана составляет 12607,4 человек (все лица старше 15 лет);

– $I_{\text{ср}}$ – средняя интенсивность потребления товара в сегменте. По данным ВОЗ, в расчете на человека старше 15 лет в год составляет 8,94;

– t – время. Расчетное время – 1 год;

– $k_{\text{мотив}}$ – доля респондентов, мотивации которых удовлетворяет исследуемый товар. Доля крепких алкогольных напитков в стране – 69,14 %. При этом 13 % населения – новаторы, следовательно, доля респондентов, мотивации которых удовлетворяет товар, – 18,8 %;

– $k_{\text{измен. мотив}}$ – коэффициент, учитывающий изменение мотиваций за определенный период под воздействием факторов маркетинговой среды предприятия. На первоначальном этапе произведем расчет потенциального уровня продаж без учета влияния предприятия на рынок;

– $k_{\text{прив}}$ – коэффициент, отражающий приверженность потребителей к торговой марке. В связи с тем, что данная торговая марка является новой для рынка Казахстана, приверженцев марки не будет;

– $k_{\text{конк}}$ – коэффициент, учитывающий действия конкурентов. Для расчета данного коэффициента определим степень конкуренции на рынке, для чего найдем отношение спроса к предложению:

$$11271 : (10837,7 + 3344,4) 100 \% = 79,5 \%$$

При этом этот коэффициент обратный и равен:

$$100 - 79,5 = 20,5 \%$$

– $k_{\text{воспр}}$ – коэффициент восприятия, отражающий инертность восприятия потребителями товара и отраженный в квазинормальном распределении. В связи с тем, что марка товара является новой для данного предприятия, потенциальными потребителями станет раннее большинство, что составит 2,5 %;

– $k_{\text{диффуз}}$ – коэффициент, учитывающий диффузию информации о товаре на рынке, т. е. в данном случае доля потребителей, охваченных информацией. На раннем этапе вхождения на рынок, не имея развитую дилерскую сеть, а также информационную поддержку, максимальная доля потребителей, охваченных информацией составит не более 15 %.

Определим прогнозный уровень продаж:

$$C = 12607,4 \cdot 8,94 \cdot 1 \cdot 0,188 \cdot 0,205 \cdot 0,025 \cdot 0,15 = \\ = 16,3 \text{ тыс. л} = 1,63 \text{ тыс. дал.}$$

Таким образом, прогнозный уровень продаж для РУП «ГЛВЗ» без оказания влияния на рынок составит 1,63 тыс. дал.

В процессе анализа конкуренции необходимо провести анализ насыщенности рынка. В общем виде показатель насыщенности рынка можно определить следующим образом:

$$St_p = \text{СП} : V_p \cdot 100 \%, \quad (4)$$

где St_p – насыщенность рынка в %; СП – совокупное предложение.

При этом совокупное предложение будет составлять весь произведенный товар, а также товар, ввозимый в страну по импорту:

$$St_p = 14182,1 : 12339,7 \cdot 100 \% = 114,9 \%; \\ St_p \approx 100 \%,$$

а значит, рынок насыщен и будут требоваться адекватные маркетинговые мероприятия по продвижению товара на рынке.

Проанализировав рынок Республики Казахстан, можно сделать вывод о том, что рынок этот весьма насыщен, а значит, выход на рынок со стандартным ассортиментным набором предприятия будет нецелесообразен. Для определения оптимального товарного ассортимента, который будет успешно реализован на рынке, предприятию необходимо выявить те ниши, которые еще не заполнены, при этом учитывая тот факт, что продукция, успешно реализуемая на одном рынке, не всегда будет иметь повышенный спрос на другом.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АССОРТИМЕНТА ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ ЗА СЧЕТ ВЫПУСКА НОВОГО ВИДА ПРОДУКЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ОАО «ГОМЕЛЬСКАЯ ФАБРИКА «ПРОГРЕСС»)

Ю. В. Полякова

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

Научный руководитель Л. Л. Соловьева

В настоящее время, когда условием экономического развития предприятий является активная деятельность последних на рынке, жизненно важными становятся знание конечного потребителя, умение фирм гибко реагировать на все его требования. Иначе не может быть обеспечена продажа товара, повышена доходность предприятия.

Цель работы заключается в том, чтобы выявить, как можно оптимизировать ассортимент выпускаемой продукции за счет выпуска новых видов продукции на предприятии ОАО «Гомельская мебельная фабрика «Прогресс».

Оценка ассортиментной политики предприятия как фактора, оказывающего непосредственное влияние на формирование прибыли, является важным условием эффективного управления процессом формирования финансовых результатов.

Ассортиментом называют набор товаров, предлагаемых предприятием-изготовителем на рынке [1].

При формировании ассортимента выпускаемой продукции предприятие должно учитывать спрос на данный вид продукции и стремиться к наиболее эффективному использованию трудовых, сырьевых, технических, технологических, финансовых и других видов ресурсов, находящихся в его распоряжении.

Ассортиментная политика – это формирование ассортимента продукции в зависимости от потребностей рынка, финансового состояния предприятия и его стратегических целей.

Цель ассортиментной политики – оптимизация ассортимента, т. е. определение такого состава выпускаемой продукции, который обеспечит получение наибольшей прибыли в прогнозном периоде [3].

Мебельная промышленность является одной из наиболее успешно развивающихся направлений в деревообрабатывающей отрасли республики.

Мебель в Беларуси выпускают свыше 300 предприятий. Оптимальное сочетание цены, качества и дизайна позволило Беларуси освоиться и занять лидирующие позиции на мировом и отечественном мебельном рынке. Здесь белорусская мебель представлена такими титанами мебельной промышленности, как ЗАО «Пинскдрев», ЗАО «Молодечномебель», ОАО «Мозырьдрев», ОАО «Гомельдрев», КУП «Лидская мебельная фабрика», ОАО «Гомельская фабрика «Прогресс», ОАО «Могилевдрев», ЗАО «Бобруйскмебель», ОАО «Минскпроектмебель», УП «Мебельная фабрика «Лагуна», а также многими частными мебельными компаниями [2].

ОАО «Гомельская мебельная фабрика «Прогресс» является одним из ведущих предприятий по производству мягкой мебели в Республике Беларусь. Это коммерческое предприятие с частной формой собственности, входящее в состав концерна «Беллебумпром».

ОАО «ГМФ «Прогресс» изготавливает следующие виды изделий: наборы мягкой мебели, тахты, диван-кровати, кресла, угловые тахты, банкетки. На предприятии проводятся работы по изучению новинок в сфере мебельного рынка как ближнего, так и дальнего зарубежья путем посещения важнейших отраслевых выставок с личным участием специалистов и представлением на них собственных разработок.

На сегодняшний день конкуренция на рынке мягкой мебели сильно обострена. Это связано, в первую очередь, с увеличением количества мебельных фабрик и фирм, выходом на рынок нашей страны зарубежных производителей мебели. Поэтому на предприятии постоянно проводится работа по обновлению ассортимента, освоению и внедрению новых моделей продукции, имеющих спрос у потребителя и отвечающих современным требованиям дизайна, комфорта и эргономики изделий мебели.

Для повышения эффективности работы ОАО «Гомельская мебельная фабрика «Прогресс» следует освоить производство кухонных уголков. Сегодня проблема недостатка свободной площади на кухне, не позволяющей комфортно разместить необходимую мебель и различную бытовую технику, является довольно распространенной. Отличным решением является кухонный уголок. Он занимает минимум площади и в то же время помогает удобно разместиться вокруг стола всем членам семьи.

Основное преимущество кухонного уголка – компактность и многофункциональность. Кухонный уголок может быть оборудован специальными ящиками, в которых удобно хранить редко используемую домашнюю утварь. Есть модели кухонных уголков и с дополнительным спальным местом.

Опишем предполагаемую модель нового изделия. Это будет кухонный диван со спальным местом (механизм трансформации «дельфин»), оборудованный специаль-

ным ящиком. Габаритные размеры образца (Д x Г x В) – 175 x 125 x 88. Для обивки будет использована практичная ткань из синтетических волокон, потребитель сможет при покупке выбрать цветовое решение, в котором должен быть выполнен кухонный уголок.

Определим затраты на выпуск нового изделия. Для этого составим калькуляцию себестоимости кухонного уголка (таблица).

Калькуляция себестоимости кухонного уголка

Калькуляционные статьи затрат	Затраты, тыс. р. на 1 шт.
Сырье и материалы	1640
Возвратные отходы (вычитаются)	4
Сушка древесных полуфабрикатов	9
Топливо и энергия на технологические цели	4
Основная заработная плата производственных рабочих	550
Отчисления на социальное страхование	198
Цеховые расходы	672
Общезаводские расходы	378
Прочие производственные расходы	5
Производственная себестоимость	3452
Коммерческие расходы	99
Полная себестоимость товарной продукции	3551

Анализ ценовой стратегии показал, что уровень рентабельности продукции, заложенный в цену, по предприятию составляет 18 %.

Найдем прибыль от реализации 1 ед. изделия продукции:

$$3551 \cdot 0,18 = 639,18 \text{ тыс. р.}$$

Определим отпускную цену предприятия без НДС:

$$639,18 + 3551 = 4190,18 \text{ тыс. р.}$$

НДС равно:

$$4190,18 \cdot 0,20 = 838,04 \text{ тыс. р.}$$

Отпускная цена с НДС составляет:

$$4190,18 + 838,04 = 5028,22 \text{ тыс. р.}$$

Это значит, что при реализации 100 ед. кухонных уголков, предприятие получит выручку в размере 502822 тыс. р.

Теперь определим прибыль от реализации 100 ед. изделия:

$$Пр = 639,18 \cdot 100 = 63918 \text{ тыс. р.}$$

Для того чтобы определить объем реализации, при котором окупятся все издержки на производство продукции, рассчитаем точку безубыточности по формуле (1):

$$N = \frac{FC}{P - VC}, \quad (1)$$

где FC – постоянные издержки; VC – средние переменные издержки (на единицу продукции); P – цена одного вида изделия.

Воспользовавшись данными из таблицы, определим постоянные издержки на производство 100 ед. кухонных уголков (они включают в себя общезаводские расходы, коммерческие расходы и прочие производственные расходы) и средние переменные издержки на производство единицы продукции. По этим данным рассчитаем точку безубыточности:

$$N = 48200 : (4190,18 - 3069) = 43 \text{ ед.}$$

Следовательно, реализация данного вида товара будет приносить предприятию прибыль уже после продажи 43 ед. продукции.

Постоянное обновление ассортимента, модификация существующих изделий является одним из важнейших факторов, оказывающих положительное влияние на успешную жизнедеятельность предприятия.

Таким образом, выпуск нового вида продукции на ОАО «Гомельская мебельная фабрика «Прогресс» обеспечит получение предприятием дополнительной прибыли, повысит конкурентоспособность предприятия, позволит ему успешно позиционировать себя на рынке мягкой мебели Республики Беларусь.

Л и т е р а т у р а

1. Режим доступа: <http://investments.academic.ru/699>.
2. Белорусская мебель – разумное решение для современного интерьера // Гид по мебели. – Режим доступа: <http://www.format-mebel.com/guide/230>. – Дата доступа: 20.09.2013.
3. Режим доступа: <http://economy-ru.com/antikrizisnoe-upravlenie-besplatno/343-assortimentnaya-politika-predpriyatiya.html>.

Секция IX ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

МЕТОДИКА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЯ НА ОСНОВАНИИ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ УНИВЕРСИТЕТСКОЙ WiFi-СЕТИ

Д. Е. Храбров

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

Научный руководитель И. А. Мурашко

В статье предложена методика позиционирования объекта внутри организаций на основе стандарта WiFi. Ведь GPS навигация не подходит для многоэтажных зданий, а значит необходимо использовать другую технологию. В то же время большое количество организаций для предоставления доступа в интернет используют беспроводные WiFi-сети.

Здания как правило содержат большое количество WiFi точек доступа как стационарных, так и нет. Мобильные устройства, такие как ноутбуки, планшеты, мобильные телефоны, постоянно перемещаются и не могут быть использованы для WiFi позиционирования ввиду того, что точные координаты такой точки в каждый момент времени не известны.

На рис. 1 показана ситуация, когда устройство Z получает сигналы от 3 точек доступа: $W1$, $W2$ и $W3$. Устройство имеет координаты $(X0, Y0)$, точки доступа соответственно: $(X1, Y1)$, $(X2, Y2)$, и $(X3, Y3)$. Расстояния от Z до каждой точки доступа соответственно: $L1$, $L2$ и $L3$.

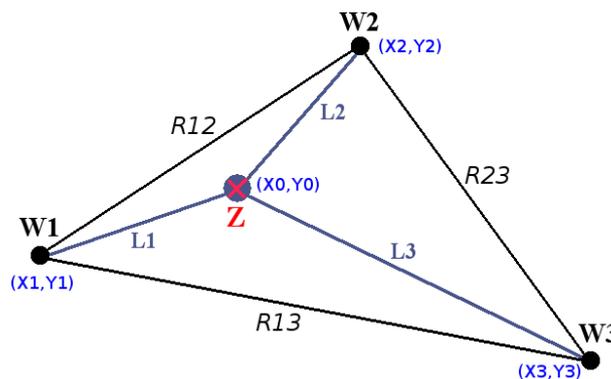


Рис. 1. Позиционирование по трем точкам доступа

Объект, снабженный устройством позиционирования, каждый раз снимает уровни сигнала доступных точек, которые занесены в список разрешенных. Для позиционирования было бы достаточно знать координаты точек и расстояния от устройства до каждой точки доступа (L). Однако значение L не известно – обычно известен уровень сигнала, который проблематично с достаточной точностью перевести в меру расстояния.

Координаты точки Z получаются с помощью алгоритма взвешенного центраоида (Weighted centroid) [1]. Алгоритм «Центроид» (Centroid) описан в [2] и представляет собой вычисление геометрического центра плоской фигуры, образованной несколькими точками доступа. В таком случае координаты агента вычисляются как среднее арифметическое координат точек доступа. Алгоритм взвешенного центраоида отличается тем, что у каждой вершины геометрической фигуры есть свой вес. В таком случае координаты определяются по формулам: $X_0 = \sum_i^N \mu_i X_i$, $Y_0 = \sum_i^N \mu_i Y_i$, где μ_i – характеристика веса.

Характеристику веса можно вычислить, зная P_i – уровни сигнала до каждой конкретной точки доступа: $\mu_i = (P_i^2 / \sum_j^N (1/P_j^2))^{-1}$.

По формулам видно, что каждая из координат рассчитывается не зависимо от других. Следовательно, возможно простое масштабирование для N -мерного пространства, в частности, трехмерного. Абсолютные значения уровня сигнала также не важны, так как при вычислении этот параметр приводится к долям единицы. Отображение уровня сигнала можно увидеть на рис. 2.



Рис. 2. Отображение уровня сигнала

Пример отображения реального позиционирования на мобильном устройстве можно увидеть на рис. 3.

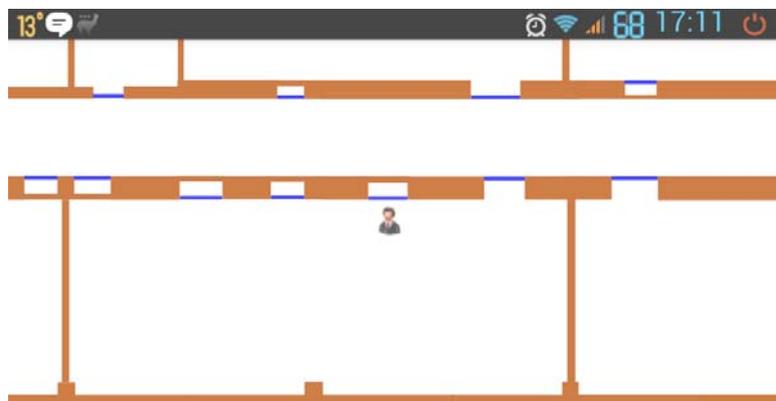


Рис. 3. Отображение позиционирования

Обычно здания состоят из помещений поменьше и высокая точность позиционирования не важна – достаточно знать помещение, в котором находится человек. Этого достаточно для статистики: находится студент на паре, в медпункте или в курилке. Чтобы не перегружать сеть программа вычисляет координаты не постоянно, а раз в 5 мин.

Как правило, в помещениях вдоль стен располагаются такие объекты, как шкаф, стол и т. д. Это делает маловероятным позиционирование внутри стены, а не внутри помещения. В случае попадания точки $\pm 0,5$ м от стены можно повторно выполнить запрос. Для движущихся точек использовать отдельный алгоритм.

Для студента во время перерыва точность будет понижаться, так большинство студентов находится в постоянном передвижении. Статистические данные лучше собирать во время занятий.

Предлагается клиент-серверная архитектура проекта. В этом случае часть нагрузки выполняет пользовательская, клиентская часть, а часть нагрузки ложится на сервер. Предполагается возможность аппаратной реализации клиента, так что его функционал должен быть минимальным, чтобы уменьшить конечную стоимость и увеличить автономность. Также следует помнить, что данные с клиентов необходимо передавать на сервер. Уже при наличии 5000 клиентов при одновременной отправке данных на сервер возможен перегруз сети и отказ от обслуживания. Поэтому необходимо как минимум разделить отсылки по времени.

Каждому студенту выставляется в соответствие уникальный номер. Например, уникальный номер может состоять из 2 частей: 1) год поступления; 2) порядковый номер в каком-либо глобальном списке (студенты всех факультетов, отсортированные или по фамилии, или по баллам за вступительное тестирование, или еще по какому-нибудь критерию). И если опрашивать клиентов в соответствии с их уникальным номером, то нагрузка на сеть будет снижена. Недостатком такого разбиения является неизвестность того, когда будут обработаны все студенты того или иного факультета.

В результате разработано программное приложение для позиционирования внутри помещения, основанное на сети WiFi и позволяющее: работать при отсутствии GPS сигнала, поверх существующей WiFi-сети, вести статистику распределения контролируемых объектов по помещению организации, т. е. осуществлять контроль посещения занятий студентами). В качестве недостатков можно отметить необходимость доступа в сеть организации и достаточно низкую точность. В данный момент ведется работа по устранению недостатков.

Литература

1. Bahl, P. Radar: An in-building RF-based user location and tracking system / P. Bahl, V. Padmanabhan // IEEE INFOCOM, Tel-Aviv, Israel. – Mar. 2000. – P. 775–784.
2. Kolodziej, K. W. Local positioning systems: LBS applications and services / K. W. Kolodziej, J. Hjelm // CRC Press. – 2006. – 445 p.

ОЦЕНКА РИСКА КРЕДИТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БАНКОВСКИХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ ВЕРОЯТНОСТНО-АЛГЕБРАИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Ю. В. Жердецкий, М. А. Бужан, Е. В. Зайцев

*Учреждение образования «Гомельский государственный
университет имени Ф. Скорины», Беларусь*

Научный руководитель Е. И. Сукач

Кредитная деятельность является основной формой деятельности коммерческих и государственных банков, число которых в Беларуси неуклонно растет. Все они используют различные стратегии при планировании процесса кредитования. Кредитный бизнес реализуется в условиях влияния ряда случайных факторов, в итоге определяющих успех или неудачу проведения банковских операций. В целом кредитование сопряжено с риском, величина которого должна быть рассчитана с использованием научно обоснованных методов или предметно-ориентированных методик.

Как правило, банк использует скоринговую методику или некоторую модель для численной оценки риска кредитов. Подобные подходы должны учитывать вероятностную природу статистических данных об успешности кредитования. Как следствие, основной их характеристикой должна быть точность. Чем больше точность, тем меньше издержки банка, более привлекательный процент для заемщика за кредит и выше привлекательность банка для заемщика. Таким образом, от увеличения точности и понятности используемых расчетов выигрывает все без исключения общество.

Для статической оценки риска кредитной деятельности банковских систем используется классический логико-вероятностный метод. Сущность его состоит в описании структуры системы средствами математической логики и определении количественной оценки риска исследуемой системы с использованием теории вероятностей. В ряде случаев он дает точные, приемлемые для выбора решения результаты. Однако при увеличении числа признаков кредитов, их градаций и числа состояний успешности кредитования использование метода ограничено размером построенных моделей.

В статье предлагается подход, основанный на применении вероятностно-алгебраического моделирования для оценки риска процесса кредитования. Аппарат вероятностно-алгебраического моделирования реализует формальные алгоритмы обработки информации, включающие анализ изменений вероятностных состояний элементов системы и ее структуры, обеспечивает точность расчетов и снимает ограничение на число элементов исследуемых систем.

Объектом исследования является кредитная деятельность банковских систем, в качестве элементов $K = \{K_i\}, i = \overline{1, m}$ которой выступают кредиты, атрибуты кредитов и возможные значения выбранных атрибутов. Например, такой важный атрибут, как «срок кредита» может иметь несколько значений, определяющих интервалы погашения: до 6 месяцев, от 6 до 1 года, от 1 до 5 лет, от 5 лет и больше. От срока кредитования главным образом зависят риски финансовых учреждений, поскольку состояние экономики динамически изменяется и влияет на платежеспособность заемщиков кредита. Пример может быть дополнен и другими атрибутами и их значениями, повышающими уровень детализации исследуемых систем, такими как пол (мужской/женский), наличие телефона (есть/нет), иностранный или местный житель (да/нет) и др. Следует отметить, что при рассмотрении кредитов юридических лиц число и состав атрибутов существенно изменится. Однако этот факт не отражается на абстрактной схеме формализации, обладающей универсальностью, прозрачностью и гибкостью при описании предметной области.

На основе выделенной совокупности элементов системы $K = \{K_i\}, i = \overline{1, m}$ и с учетом установленных отношений между ними $F = \{F_j\}, j = \overline{1, z}$ разрабатывается графическая схема $G(F, K)$, представляющая собой иерархическую древовидную структуру. На нижнем уровне иерархии находятся элементы системы, характеризующие значения атрибутов кредитов. Их взаимодействие описывается функцией $F(i, j) = \min(i, j)$. Следующий уровень иерархии образуют элементы, соответствующие атрибутам кредитов. Аналогично их взаимодействие описывается функцией $F(i, j) = \min(i, j)$, определяющей состояние одного из кредитов, представленного элементом следующего уровня иерархии. Наконец, корень древовидной структуры (высший уровень иерархии) описывает систему кредитования, включающую совокупность кредитов, связи между которыми описываются также с использованием функции $F(i, j) = \min(i, j)$. Таким образом, листьями древовидной структуры являются элементы – значения атрибутов кредитов, а корнем дерева – система кредитования в целом.

Банки выдают кредиты, учитывая ряд вероятностных параметров. Тем самым они формируют одно из возможных состояний риска кредита из множества $S = \{S_j\}, j = \overline{1, 4}$, определяющих уровень риска при погашении кредита соответствующей выборкой физических лиц. Состояния интерпретируются следующим образом: S_1 – кредит не возвращен; S_2 – кредит просрочен; S_3 – кредит возвращен вовремя; S_4 – кредит возвращен досрочно.

Выделенные состояния характеризуются векторами вероятностей, которые формируются с использованной статистики предыдущих банковских операций и определяют вероятность риска кредитования:

$$P^i = (p_1^i, p_2^i, \dots, p_4^i), \sum_{j=1}^4 p_j^i = 1, i = \overline{1, m}. \quad (1)$$

Выделенные элементы системы кредитования и связи между ними определяют вероятностную графодинамическую модель, предполагающую рассмотрение процесса кредитования как в определенный момент времени, так и в динамике, в ходе которой меняется не только состояние элементов структуры, но и ее конфигурация (появляются и удаляются вершины, изменяются связи между ними).

Ставится задача определения результирующего вектора вероятностей, характеризующего надежность исследуемой системы кредитования:

$$P^{sist} = (p_1^{sist}, p_2^{sist}, \dots, p_4^{sist}), \sum_{j=1}^4 p_j^{sist} = 1. \quad (2)$$

Вектор позволяет сделать выводы о возможном состоянии риска кредитной деятельности банка с выделением вероятностных 4 состояний.

Следует отметить, что при формализации кредитной деятельности банковских систем предполагается однотипное описание элементов (кредитов, их атрибутов и значений атрибутов) и всей системы, а именно считается, что число состояний элементов и системы совпадают. Однако вероятностно-алгебраический подход допускает рассмотрение различного числа состояний для элементов и системы в целом. Это проявляется в возможности рассмотрения различного числа состояний значений выбранных атрибутов (в модели кредитования физических лиц от 3 до 5).

На рис. 1 представлена упрощенная схема модели системы кредитования физических лиц, включающая 44 значения атрибутов ($K = \{K_i\}, i = \overline{1, 44}$), описывающих 12 атрибутов кредита $K = \{K_i\}, i = \overline{45, 56}$. При этом узлы схемы $F \rightarrow K_i, i = \overline{45, 56}$ обозначают как связи между значениями атрибутов, так и сами атрибуты, определяющие надежность одного из кредитов $F \rightarrow K_{57}$ исследуемой.

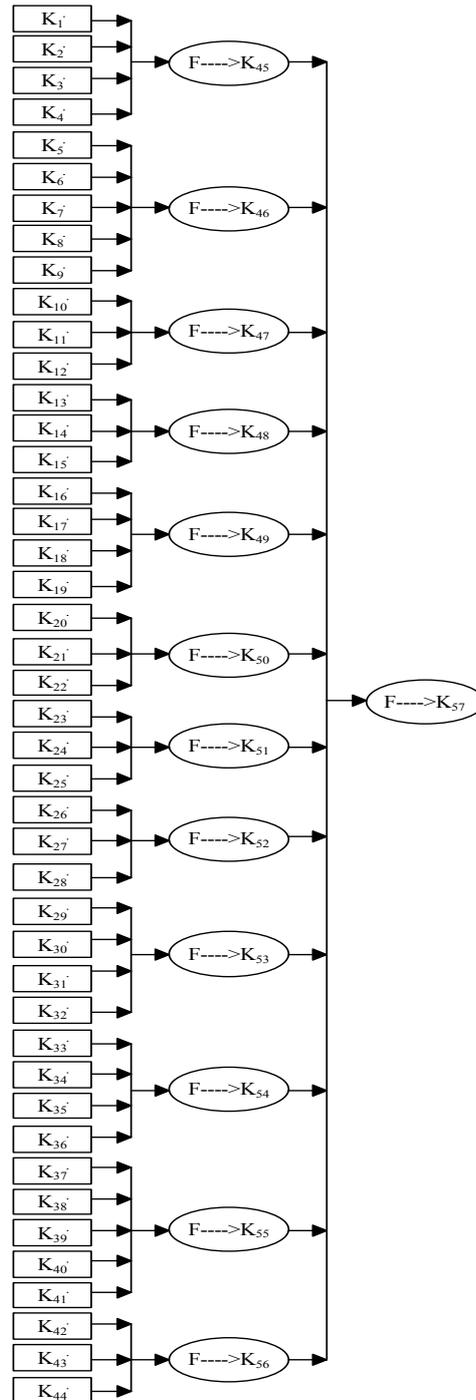


Рис. 1. Структура графа вероятностно-алгебраической модели процесса кредитования

Для расчета риска кредитования использовались программные средства системы PALS (Probability-AlgebraicSimulation), автоматизирующей расчеты результирующего вектора вероятностей с использованием формулы

$$p_k^3 = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n a_{ij}^k p_i^1 p_j^2, \text{ где } i, j, k = \overline{1, n}, \quad (3)$$

где $\begin{cases} a_{ij}^k = 1, & \text{если } k = F(i, j), \\ a_{ij}^k = 0, & \text{если } k \neq F(i, j). \end{cases}$

Для тестовых значений вероятностей векторов (1) были получены значения вероятностей результирующего вектора (2), а именно: $P = (0,9072; 0,0858; 0,0064; 0,0007)$. Полученные результаты интерпретировались следующим образом: вероятность того, что кредит «возвратят досрочно» – 0,0858; «возвратят» – 0,9072; «кредит просрочен» – 0,0064 и «не возвратят» – 0,0007. Как видно из расчетов, состав вероятностных состояний риска кредита расширен до 4.

В ходе эксплуатации предложенной модели решаются типовые задачи моделирования. К первой группе задач относятся задачи оценки влияния вероятностных характеристик риска элементов кредитной деятельности на риск кредита в целом.

С этой целью организуются модельные эксперименты, в которых варьируются значения векторов (1), позволяющие оценить влияние состояний элементов системы на результирующее состояние всей системы. Вторая группа задач предполагает рассмотрение различного состава атрибутов и их значений, определяющих структуру вероятностной модели, влияющей на результирующий вектор вероятностей (2). Наконец, третья группа задач предполагает выявление рационального варианта организации кредитования с учетом сложившейся структуры атрибутов кредита и их значений.

Управление рисками и их минимизация являются приоритетными направлениями финансового менеджмента банковских систем.

Использование современных систем поддержки принятия решений, использующих новые методы и средства автоматизации этих методов, открывает перспективу получения множества теоретически обоснованных вариантов реализации кредитной деятельности, исключающих риск уже на стадии планирования.

Выбор вероятностно-алгебраического подхода в качестве основного звена оценки позволит оперативно оценить риски различных вариантов организации кредитной деятельности банков с учетом неограниченного числа их элементов, имеющих вероятностную природу, проявляющуюся в виде состояний риска кредитной системы.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

В. В. Воскресенский

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

Научный руководитель Т. А. Трохова

Эксплуатационная скважина является основным видом сооружений, а их совокупность представляет собой эксплуатационный фонд скважин, стоимость которого составляет до 75–80 % стоимости всего технического оснащения современного промысла. Нарушение целостности, работоспособности эксплуатационной скважины

приводит к прекращению ее эксплуатации, к неизбежному уменьшению добычи нефти или газа, что делает необходимым выполнение так называемого капитального ремонта скважины – процесса длительного, трудоемкого и весьма дорогого; стоимость ремонта скважины часто соизмерима, а иногда и одинакова со стоимостью ее сооружения. В отличие от обсадных труб, которые навсегда фиксируются в скважину цементом, насосно-компрессорные трубы (НКТ) могут извлекаться для замены или ремонта несколько раз в течение жизни скважины. Поэтому одна из важных задач по проектированию колонн НКТ – это обеспечить их быструю, эффективную и безопасную установку, удаление и переустановку при необходимости.

Для автоматизации синтеза структуры колонн НКТ необходимо решить следующие задачи: выполнить анализ предметной области, разработать классификационную схему и информационно-логическую модель системы, разработать алгоритмы, позволяющие произвести расчет колонны на прочность, расчет длины секций колонн, а также разработать план раскладки колонн на поддоны.

Автором выделены три направления автоматизации. Первое направление – это расчет системы НКТ на прочность, а также расчет параметров полученных секций. Второе направление – автоматизация разработки плана раскладки труб на поддонах и вывод полученного плана в графическом виде. Третье направление – создание графического редактора, позволяющего моделировать секции и системы НКТ.

После тщательного изучения процесса эксплуатации подземного оборудования и анализа предметной области были разработаны требования к информационной и функциональной моделям данных. Например, для разработки проекта системы НКТ необходима база данных, в которой содержатся основные сведения об этих системах, их параметры и характеристики. Информационная модель базы данных содержит нормативно-справочную информацию и оперативные таблицы. К справочным относятся такие издания, как «Площади», «Скважины», «Виды подземного оборудования» и т. д. К оперативным таблицам относятся «Расчетные параметры НКТ», «Структура НКТ», «Раскладка на поддоны» и т. д.

Выполнен алгоритмический анализ задачи автоматизации. Разработаны алгоритмы расчетов колонн НКТ на прочность. Реализован алгоритм расчета количества труб, необходимого для каждой секции НКТ. Также реализованы алгоритмы для разработки плана раскладки труб на поддонах и создан графический редактор для моделирования структуры НКТ.

Программный комплекс проектирования НКТ работает в нескольких режимах:

- режим расчета НКТ на прочность;
- режим формирования структуры колонн НКТ;
- режим расчета раскладки НКТ на поддоны;
- режим графического редактора;
- режим отчетов;
- режим ведения справочников.

Результаты работы в одном режиме используются в последующих режимах, например, без отработки в режиме расчета НКТ на прочность нельзя сформировать структуру колонн НКТ. Для того чтобы пользователь выполнял расчеты в нужной последовательности, интерфейс программы предусматривает блокировку кнопок, запускающих режимы работы программы. На рис. 1 приведен вид интерфейсного окна программы после расчета НКТ на прочность и формирования структуры НКТ.

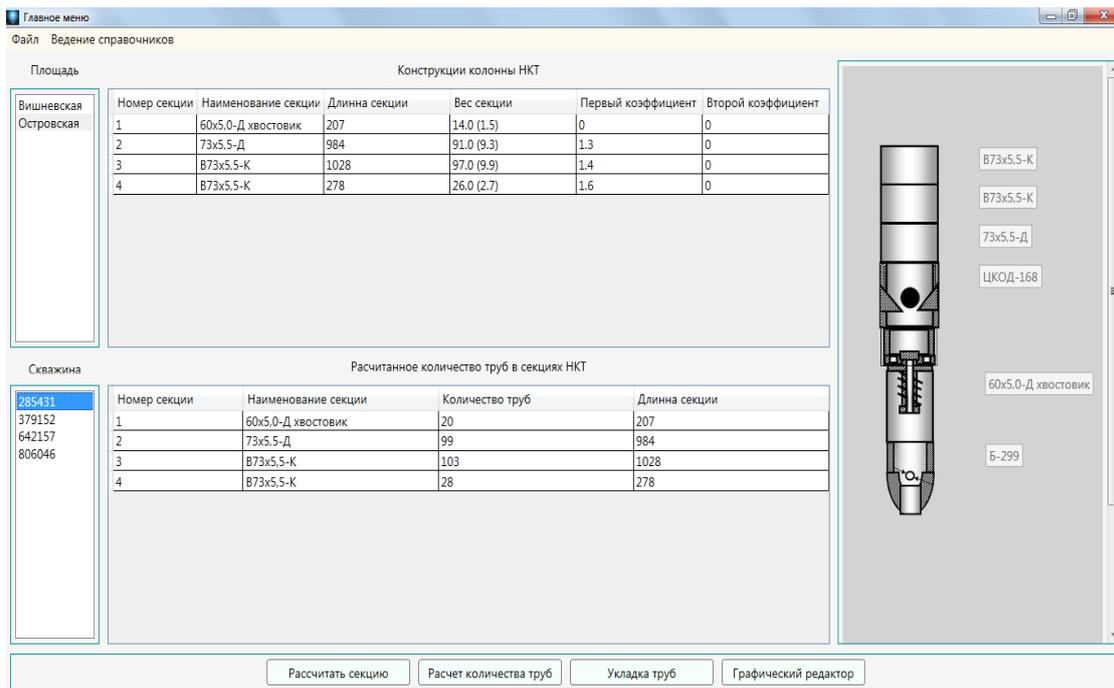


Рис. 1. Результаты расчета НКТ на прочность и формирования структуры НКТ

На рис. 2 приведено интерфейсное окно с результатами работы программы в режиме расчета раскладки НКТ на поддоны. Автоматизация этого этапа проектирования НКТ является очень важной, так как раскладка труб выполняется многократно при эксплуатации скважины по единому плану раскладки, поэтому план нуждается в тщательной проработке.

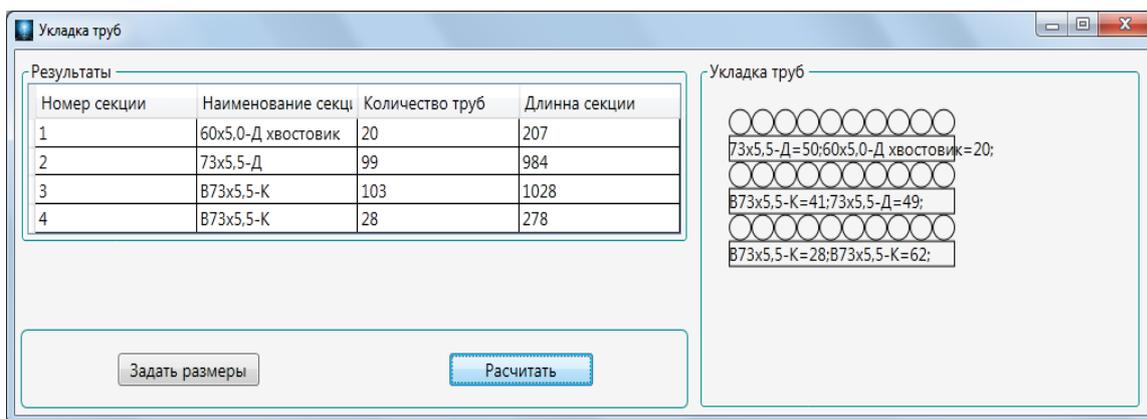


Рис. 2. Разработка плана раскладки труб на поддонах

На рис. 3 показано интерфейсное окно графического редактора, в котором проектировщик может разработать эскиз структуры колонны НКТ в графическом виде, включив в нее такие элементы, как башмак, ЦКОД и др. Редактор может работать как с отдельными элементами структуры, так и выполнить их сборку.

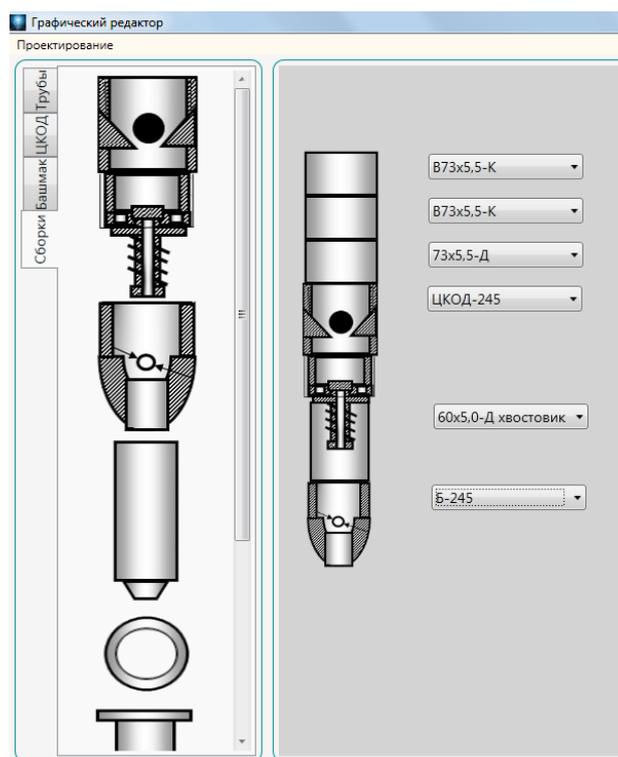


Рис. 3. Графический редактор

Приложение было разработано с учетом возможности дальнейшего расширения, следовательно, была реализована возможность масштабирования приложения за счет создания гибкой архитектуры, позволяющей без особых временных затрат вносить изменения в приложение, а также исключая необходимость корректировки существующих модулей при добавлении новых. Еще одно достоинство реализованной архитектуры – это то, что приложение может быть представлено как веб-приложение (веб-сайт) без каких-либо изменений в структуре приложения. Также приложение имеет простой интерфейс, а продуманная система сообщений поможет в работе неквалифицированному пользователю.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УЧЕТА ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ В ОАО «ГАСТЕЛЛОВСКОЕ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ «1С: ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА И УПРАВЛЕНИЕ ПЕРСОНАЛОМ»

А. В. Козак

*Учреждение образования «Белорусский государственный
аграрный технический университет», г. Минск*

Научный руководитель И. И. Станкевич

Персонал – это наиболее ценный ресурс любого предприятия. И как любой ресурс он требует учета и эффективного управления. От того, как выстроено управление персоналом, во многом зависит эффективность работы предприятия в целом. Квалифицированные, инициативные и лояльные сотрудники способны существенно повысить качество работы и конкурентоспособность любой компании.

Управление данными о сотнях и тысячах работников, проведение мероприятий по подбору и обучению персонала, оценка квалификации производственного и

управленческого состава являются трудоемкими процессами. Использование специализированных программных продуктов дает компании возможность сократить временные затраты на обработку большого количества информации и анализ данных, позволяет руководству эффективно планировать и осуществлять кадровую политику.

В данной работе был проведен анализ возможностей системы автоматизации кадрового учета «1С: Зарплата и управление персоналом 8» для разработки проекта по внедрению ее в ОАО «Гастелловское».

Данный программный продукт был разработан фирмой «1С» как современный инструмент автоматизации задач управления персоналом, ведения кадрового учета и расчетов в соответствии с требованиями законодательства для коммерческих предприятий различного масштаба. На рис. 1 представлены возможности для разных категорий пользователей.



Рис. 1. Место «1С: Зарплата и управление персоналом 8» в общей системе управления предприятием

В «1С: Зарплата и управление персоналом 8» поддерживаются все основные процессы управления персоналом, а также процессы кадрового учета, расчета зарплаты, исчисления налогов, формирования отчетов и справок в государственные органы и социальные фонды, планирование расходов на оплату труда. Учтены требования законодательства, реальная практика работы предприятий и перспективные мировые тенденции развития подходов к управлению персоналом.

В программе реализована возможность регистрации событий, связанных с работой с персональными данными, в частности, доступ и отказ в доступе к персональным данным, включая информацию о том пользователе, с которым данное событие было связано.

Удобные и гибкие механизмы настройки отчетов позволяют получать полную и достоверную информацию в самых различных аналитических разрезах для различных категорий пользователей: руководства, службы управления персоналом, кадровой службы и других.

Учитывая различия в потребностях компаний разного уровня, фирма «1С» предлагает три программных продукта с различным функциональным наполнением и сложностью:

«1С: Зарплата и управление персоналом 8. Базовая версия» – продукт для небольшой организации, позволяющий на одном рабочем месте в полном объеме автоматизировать ведение кадрового учета, расчета заработной платы и исчисления необходимых налогов и взносов в соответствии с требованиями законодательства.

«1С: Зарплата и управление персоналом 8 ПРОФ» позволяет не только вести кадровый учет и расчет заработной платы в компаниях, имеющих сложную юридическую структуру, но и автоматизировать базовые функции управления персоналом (подбор, обучение, мотивация).

«1С: Зарплата и управление персоналом 8 КОРП» – комплексное решение для автоматизации всех задач управления персоналом на средних и крупных предприятиях, для которых эффективное управление человеческими ресурсами является необходимым условием успешной работы на рынке. Продукт позволяет решать задачи реализации кадровой политики предприятия и всесторонней оценки персонала на современном уровне, правильно и быстро обрабатывать информацию о состоянии персонала предприятия и давать на ее основе качественные и содержательные заключения о способностях работников, планировать обучение, развитие и карьеру, принимать обоснованные управленческие решения.

Предметная область, автоматизируемая прикладным решением «1С:Зарплата и Управление Персоналом 8», «Моя Зарплата 8», поясняется следующей схемой:

Прикладное решение «1С: Зарплата и Управление Персоналом 8», «Моя Зарплата 8» автоматизирует решение следующих задач:

- расчет заработной платы;
- управление финансовой мотивацией персонала;
- счисление регламентированных законодательством налогов и взносов с фонда оплаты труда;
- отражение начисленной заработной платы и налогов в затратах предприятия;
- управление денежными расчетами с персоналом, включая депонирование;
- учет кадров и анализа кадрового состава;
- автоматизация кадрового делопроизводства;
- планирование потребностей в персонале;
- обеспечение бизнеса кадрами;
- управление компетенциями, обучением, аттестациями работников.



Рис. 2. Схема документооборота

Программа позволяет вести учет в единой информационной базе от имени нескольких организаций – юридических лиц, а также индивидуальных предпринимателей, которые с точки зрения организации бизнеса составляют единое предприятие.

В программе параллельно ведутся два вида учета: управленческий и регламентированный. Управленческий учет ведется по предприятию в целом, а регламентированный учет ведется отдельно для каждой организации.

Программа «Моя Зарплата 8» будет полезна всем без исключения работникам предприятия:

- руководство будет иметь полный контроль за происходящим, задавать структуру предприятия и составляющих его организаций, анализировать кадровый состав, принимать управленческие решения на основе полной и достоверной информации. Мощные аналитические отчеты предоставляют пользователю информацию в произвольных разрезах;

- кадровая служба получит ценный инструмент автоматизации рутинных задач, в том числе анкетирования и подготовки отчетов о работниках с различными условиями отбора и сортировки;

- работники предприятия будут уверены в том, что в любой момент смогут быстро получить необходимые им справки, сведения о своем отпуске, данные персонализированного учета в Пенсионном фонде и т. д.

В ОАО «Гастелловское» для автоматизации бухгалтерского учета используется программа «1С: Бухгалтерия». Поэтому для совершенствования кадрового учета предлагается использовать «1С: Зарплата и управление персоналом», которая является инструментом для реализации и совершенствования кадровой политики предприятия, а также автоматизации различных отделов предприятия, начиная от отдела кадров и линейных руководителей до работников бухгалтерии, и позволяет сформировать единую учетную базу на исследуемом предприятии.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ

А. Ю. Терехов

*Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет», г. Могилев*

Научный руководитель И. А. Широченко

Выживание и функционирование современного государства в рамках высокой конкурентной борьбы, огромного влияния политических решений и постоянно меняющихся тенденций рынка заставляет управленцев повышать свою эффективность. Одним из возможных путей решения этой проблемы является внедрение информационных аналитических систем управления (ИАСУ), которые позволяют автоматизировать бизнес-процессы и интегрировать их в единое информационное пространство. Внедрение таких систем аккумулирует в себе решение задач, которые сами по себе могут оптимизировать функционирование предприятия в целом или его отдельные процессы.

Потребность в средствах описания и анализа бизнес-процессов диктует необходимость разработки не только новых методов моделирования и анализа, но и формального аппарата, составляющего основу этих средств. Формальный аппарат должен позволять адекватно описывать как статику и динамику функционирования отдельных процессов, так и деятельность всего предприятия в целом.

На сегодняшний день наиболее эффективным методом исследования процессов предприятия является использование динамических моделей, которые позволяют не только адекватно, корректно и наглядно описать деятельность, но дают возможность прогнозирования и, на основании этого, позволяют принимать оптимальные управленческие решения. Формальный аппарат описания бизнес-процессов предприятия, который можно использовать при разработке новых методов и алгоритмов, в настоящее время не достаточно освещен в литературных источниках и во многом является «know how» фирм разработчиков CASE-средств (Computer Aid System/Software Engineering). Новые методы моделирования бизнес-процессов должны быть свободны от недостатков, присущих уже существующим методикам, таких как недостаточная описательная и моделирующая мощност, невысокая приспособленность для анализа реальных процессов, слабое использование объектно-ориентированного подхода или его отсутствие, структурная избыточность, не увеличивающая описательной и функциональной мощности. Все это послужило прямой предпосылкой к разработке формального аппарата описания бизнес-процессов в соответствии с современным уровнем их представления, а также нового метода моделирования и анализа бизнес-процессов, который позволит описать предметную область, проанализировать и оптимизировать отдельные бизнес-процессы, оценить возможность возникновения критических ситуаций и определить ряд адекватных управленческих решений лицом, принимающим решения (ЛПР).

Кафедрой «Экономическая информатика» Белорусско-Российского университета разработана информационно аналитическая система управления проектами investmogilev.by. Основной целью системы является управление инвестиционным проектом на протяжении всего его жизненного цикла. Для решения поставленных задач был разработан теоретико-множественный аппарат формализованного описания моделей бизнес-процессов предприятия на основе конечных автоматов (state machine workflow – SMW).

Структура SMW-модели представляет собой ориентированный граф, вершинами которого являются узлы, соединенные направленными дугами. Узлы представляют собой возможные состояния объекта управления (state), а дуги – допустимые переходы от одного состояния в другое (allow transitions). При этом набор состояний для объекта в любом контексте (context) постоянен, а набор состояний исходя из результата выполнения проверочных функций (rules) может изменяться в рамках всех возможных переходов (all transitions).

Определение. SMW-модель формально может быть представлена в виде:

$$SMW = (S, T, TR, TF, SF, C),$$

где S – конечное непустое множество состояний; T – конечное непустое множество переходов состояний – $\{S_{source} | S_{destination}\}$, S_{source} – исходное состояние; $S_{destination}$ – конечное состояние; TR – конечное множество правил переходов – $\{T|F\}$, T – переход на который налагается правило R ; R – булева функция – $B^n \rightarrow B$; TF – конечное множество преобразований контекста при переходах – $\{T|F\}$, T – переход, на который после которого происходит преобразование; F – функтор отображения множества параметров контекста – $F : C_{source} \rightarrow C_{destination}$; SF – конечное множество преобразований контекста при входе/выходе из состояния – $\{S|F_{in}F_{out}\}$, S – состояние, при входе/выходе из которого происходит преобразование; F – функтор отображения множества параметров контекста – $F : C_{source} \rightarrow C_{destination}$; C – непустое множество k -параметров контекста – $\{P_1P_2...P_{k-1}P_k\}$.

SMW-модели позволяют полностью описать логику любого процесса или отдельных под-процессов и на основе этого автоматизировать. На основе теоретико-множественного аппарата был разработан метод моделирования бизнес-процессов, который позволяет описать поведение предприятия в условиях внешней среды, рассмотреть изменение параметров бизнес-процессов при варьировании внутренних и внешних воздействий на бизнес-процесс. Этот метод, в первую очередь, позволяет описывать статическое состояние процессов, однако также позволяет проследить динамику изменения объекта управления.

В ходе разработки информационно аналитической системы investmogilev.by сформулирована методика представления процессов в SMW-модели. При использовании метода SMW входной информацией для системы служат исходные данные, которые представляют собой сведения об объекте управления: параметры, возможные состояния, должностные инструкции, данные о направлениях деятельности. В качестве примера SMW-модели рассмотрим процесс управления инвестиционным проектом в комитете экономики могилевского исполнительного комитета. На рис. 1 представлена SMW-модель процесса управления инвестиционными проектами, где вершины состояния, а дуги допустимые переходы. Данный процесс состоит из 20 основных состояний, описывающих проект в разные моменты жизненного цикла. Такое количество состояний обусловлено в первую очередь длительностью жизненного цикла (от полугода до нескольких десятков лет) и сложностью согласований с другими заинтересованными лицами. Для упрощения примера рассмотрим небольшую часть этого комплексного процесса – процесс создания и публикации инвестиционного проекта. Входными данными для данного процесса является инициатива какой-либо инстанции, а выходными опубликованный проект на инвестиционной карте могилевской области (модуль investmogilev.by также разработан кафедрой).

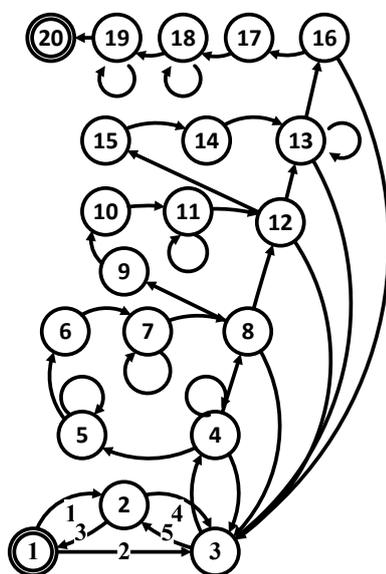


Рис. 1. SMW-модель процесса управления инвестиционным проектом investmogilev.by

Подпроцесс создания и публикации инвестиционного проекта представлен состояниями 1–3.

Данный процесс имеет следующие состояния:

1. Инициирован – это состояние характерно для проектов, которые необходимо внести в систему.

2. Проверяется – это состояние характерно для проектов, уже инициированных и заполненных пользователем и ожидающих проверки от администраторов.

3. Помещен на карту – проекты в этом состоянии уже полностью подготовлены, проверены и уже размещаются на карте. Проекты в этом состоянии также уже могут получать отклики от инвесторов.

Для данного под-процесса определены следующие переходы:

1. Заполнение проекта – доступен всем пользователям.

2. Публикация проекта – доступен только администратором при условии правильного заполнения контекста.

3. Отказ в создании проекта – доступен администраторам и осуществляется при неверном заполнении контекста.

4. Отображение проекта на карте – доступен администратору при верном заполнении контекста.

5. Отмена публикации проекта – доступен администратору либо инициатору и выполняется при условии отмены проектом инициатором.

На сегодняшний день кафедрой полностью реализована система управления инвестиционными проектами *investmogilev.by*. В данной системе реализован алгоритм автоматизации на основе представленной выше модели SMW. В настоящий момент подобная система заинтересовала и другие областные исполнительные комитеты Республики Беларусь.

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ОПТИМИЗАЦИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НА ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ

Е. А. Пискун

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

Научный руководитель И. А. Мурашко

При планировке поточных линий необходимо обеспечить кратчайшие маршруты движения предметов труда, наиболее рационального использования производственной площади, наилучшие условия для транспортировки материалов и деталей к рабочим местам, удобство подходов для обслуживания и ремонта.

На машиностроительных предприятиях часто проводятся перепланировки оборудования на участках и в цехах. Выбор рациональной планировки оборудования определяется тем, что она влияет на прямооточность, непрерывность и ритмичность производственного процесса, на величину транспортных расходов, себестоимость продукции, капиталовложения, уровень организации труда и т. д.

Наиболее обобщенным критерием, позволяющим получить количественную оценку влияния планировки оборудования производственного участка на результаты работы, является себестоимость продукции. Себестоимость продукции изменяется за счет следующих факторов:

- изменения затрат на перемещение материала в процессе производства на участке;
- изменения размеров производственной площади участка;
- повышения коэффициента загрузки оборудования.

Влияние двух последних факторов на себестоимость продукции незначительно, поэтому основным фактором, влияющим на себестоимость продукции, является изменение затрат на перемещение материала в процессе производства. Затраты на перемещение, в свою очередь, зависят от объема грузооборота на участке.

Грузооборот линии влияет на размеры текущих эксплуатационных затрат (расходы на содержание, ремонт и эксплуатацию транспортных средств), на размеры внутриучасткового незавершенного производства, на общую массу конвейера, следовательно, и стоимость конвейерного оснащения.

Чтобы доказать важность разрабатываемого программного средства, были произведены расчеты двух различных планировок размещения оборудования, приведенных на рис. 1.

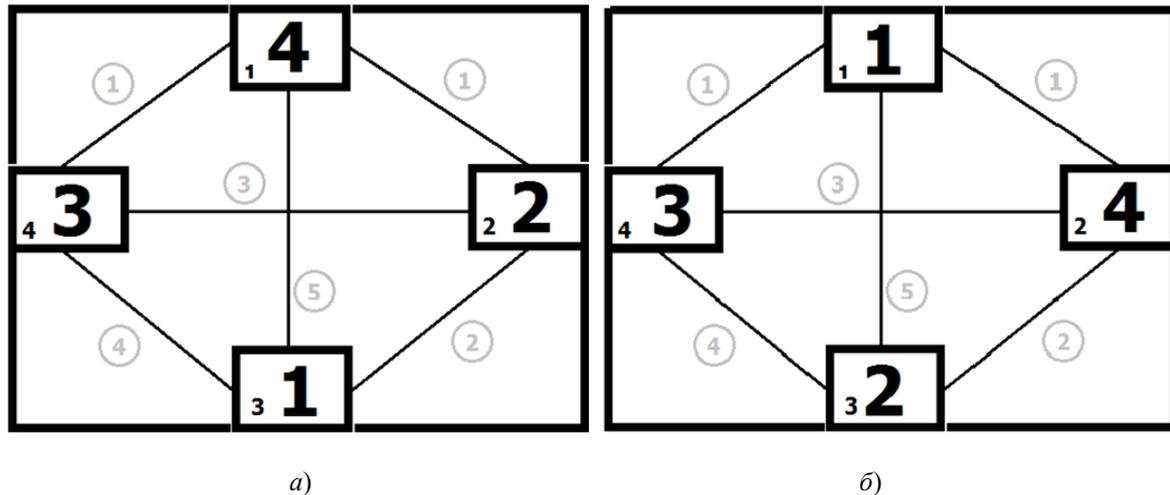


Рис. 1. Варианты размещений оборудования:
а – первый вариант, б – второй вариант

Предположим, что имеется цех, в котором изготавливается 4 наименования различных изделий. Масса годовой программы 1-го наименования изделия составляет 10 т, 2-го – 20 т, 3-го – 5 т и 4 – 30 т. Эти предметы изготавливаются на 4 рабочих местах. Очередность обработки изделий на этих местах задается матрицей:

$$U = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 4 & 3 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 4 & 3 \\ 1 & 3 & 4 & 2 \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Расстояние между площадками, на которые необходимо установить рабочие места, задается матрицей:

$$G = \begin{pmatrix} \infty & 1 & 1 & 5 \\ 1 & \infty & 3 & 2 \\ 1 & 3 & \infty & 4 \\ 5 & 2 & 4 & \infty \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Для определения грузооборота масса перевезенного груза в тоннах (отдельно по каждой партии груза) умножается на дальность перевозки и полученные произведения суммируются.

Рассчитаем грузооборот для первого варианта размещения: для 1-го изделия порядок выполнения следующий: $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4$, $t_1 = 10(2 + 3 + 1) = 60$; $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 3$, $t_3 = 5(2 + 1 + 1) = 20$; для 4-го изделия: $1 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 2$, $t_4 = 30(4 + 1 + 1) = 180$.

Определим общий грузооборот, просуммировав грузообороты каждого из изделий: $T_1 = 60 + 120 + 20 + 180 = 380$ ткм.

Рассчитаем грузооборот для второго варианта размещения: для 1-го изделия порядок выполнения следующий: $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4$, $t_1 = 10(5 + 4 + 3) = 120$; для 2-го изделия: $4 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$, $t_2 = 20(3 + 4 + 5) = 240$; для 3-го изделия: $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 3$, $t_3 = 5(5 + 2 + 3) = 50$; для 4-го изделия: $1 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 2$, $t_4 = 30(1 + 3 + 2) = 180$.

Определим общий грузооборот, просуммировав грузообороты каждого из изделий: $T_2 = 120 + 240 + 50 + 180 = 545$ ткм.

Сравнив результаты расчета двух различных расположений рабочих мест, можно увидеть, что грузооборот при первом расположении практически в 1,5 раза меньше, чем при втором. Следовательно, разработка приложения для оптимизации размещения оборудования на поточной линии необходима и важна, так как позволит сократить выше перечисленные затраты.

В общем виде задача оптимальной расстановки оборудования формулируется следующим образом: N_i – программа выпуска по i -му изделию; q – число площадок, которые выделяются для размещения q станков; g_i – масса единицы i -го изделия; u_{ij} – порядковый номер очередности обработки партии предметов i -го изделия на j -м станке ($i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, q}$); X – множество допустимых перестановок (допустимых вариантов размещения оборудования); $l_i(X)$ – путь, который проходит i -е изделие в процессе обработки.

Требуется разместить рабочие места по площадкам так, чтобы обеспечить минимальный объем грузооборота, т. е. минимизировать функцию

$$f(X) = \sum_{i=1}^m N_i g_i l_i(X). \quad (3)$$

Пусть:

l_{ab} – расстояние между площадками a и b ; M_{cd} – множество предметов, обрабатываемых после рабочего места c на рабочем месте d и обратно.

Тогда масса продукции, идущей от рабочего места c к d (и обратно, от d к c), определяется как

$$g_{cd} = \sum_i M_{cd} N_i g_i. \quad (4)$$

Занумеруем числа g_{cd} ($c = \overline{1, \dots, \bar{k}-1}$, $d = c + 1, \dots, \bar{k}$) в последовательность $G: G = (g_1, \dots, g_v, \dots, g_k)$, а числа c_{ab} ($a = \overline{1, \dots, \bar{k}-1}$, $b = a + 1, \dots, \bar{k}$) в последовательность $L: L = (c_1, \dots, c_2, \dots, c_k)$.

Положим $g_{vz} = g_v c_z$. Из чисел g_{cd} составим квадратную матрицу $\xi = (g_{vz})$. Тогда необходимо решить следующую задачу.

Найти минимум

$$f(x) = \sum_{v=1}^k \sum_{z=1}^k g_{vz} x_{vz}. \quad (5)$$

Для решения поставленной задачи необходимо:

- 1) решить задачу о назначениях, минимизируя объем грузооборота;
- 2) вычислить потенциалы, соответствующие найденному оптимальному плану в задаче о назначениях;
- 3) решить задачу ветвей и границ для нахождения оптимального размещения.

Для данного приложения было разработано информационное обеспечение системы в СУБД MicrosoftOfficeAccess. Основные данные, хранящиеся в СУБД, – справочники «Цеха» и «Изделия». Информация о цехе представляет собой перечень, состоящий из кода цеха, его названия, количества площадок, расстояния между ними, а так же площадь цеха. Информация об изделиях включает в себя следующую информацию о каждом изделии: код изделия, название изделия и порядок их обработки.

На основе информационного обеспечения будет разработано приложение с простым и понятным пользователю интерфейсом. Приложение будет позволять пользователю работать со справочниками, обрабатывать исходные данные (пользователю будет предложена возможность выбрать цех; исходя из количества площадок выбранного цеха, пользователю будет предоставлена возможность выбора изделий, которые будут производиться в данном цехе; пользователь должен будет определить массу годовой программы выпуска для каждого из выбранных изделий) и на их основе производить расчеты и предлагать оптимальное размещение оборудования на поточной линии.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СРЕДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ MATLAB И MATHCAD

Е. В. Балич

*Учреждение образования «Минский государственный высший
авиационный колледж», Беларусь*

Научный руководитель А. Г. Капустин

При подготовке современно специалиста важную роль играет не только теоретическая, но и практическая подготовка, которую зачастую проводить на реальных объектах дорого или практически невозможно. Поэтому актуальным является вопрос разработки простых инженерных методов, алгоритмов и программ для профессионального компьютера, позволяющих наиболее просто, с наименьшими затратами проводить исследования систем (объектов).

В настоящее время существует широкий круг прикладных программ, позволяющих в значительной степени автоматизировать процесс создания математических моделей и их реализации на ЭВМ. Среди таких систем общего применения можно отметить системы MatLab и Mathcad.

В настоящее время большинство белорусских учреждений образования используют среду моделирования Mathad, и редко кто MatLab.

В работе проведен сравнительный анализ функционирования среды моделирования MatLab и Mathcadс целью определения какая из этих систем наиболее быстрая, проще, функциональней для выполнения исследований (решений) инженерных задач математическим методом. Указанные вопросы успешно решены путем сравнения одной и той же инженерно-математической задачей в разных системах по следующим критериям: интерфейс, работа с массивами и матрицами, решение уравнений, математические операторы, встроенные функции, программирование, графические возможности.

В качестве объекта сравнения рассмотрена задача по исследованию процессов нагревания и охлаждения синхронного генератора (СГ). Цель теплового расчета СГ – определить тепловое состояние различных частей электрической машины.

Данный метод теплового расчета использует понятие тепловых сопротивлений, рассчитываемых по правилам для электрических цепей. Последовательность операций при выполнении теплового расчета следующая: определение геометрических размеров электрической машины (ЭМ), электрических потерь и других характеристик ЭМ; разработка схемы теплового замещения (ТЗ) и определение ее параметров; разработка математической модели тепловых процессов; решение уравнений математической модели тепловых процессов ЭМ; оценка результатов расчета на соответствие их заданию на проектирование [1].

При разработке математической модели тепловых процессов СГ использовалась электротепловая аналогия сопоставляемых величин, согласно которой были построены тепловые и эквивалентные ТЗ якоря, ротора и блока диодов ротора СГ. Источники тепловых потерь задавались в виде идеальных источников тока, а температуры окружающей среды и хладагента (ХА) системы охлаждения у теплостоков – в виде идеальных источников ЭДС. Последнее обстоятельство позволило учесть теплопритоки извне через поверхность корпуса СГ [1], [2].

В соответствии с разработанными ТЗ получены дифференциальные уравнения переходных тепловых процессов СГ. При составлении уравнений использовались метод узловых напряжений и электротепловая аналогия. Для снижения порядка уравнений определялась разность температуры отдельных частей СГ и температуры кипения ХА [2].

Сравнительный анализ систем функционирования среды моделирования MatLab и Mathcad приведен в таблице.

Критерий сравнения	MatLab	Mathcad
Интерфейс	Три окна: командное окно, все переменные и их типы и окно подсказок. Есть строка приглашения, обозначается знаком ">>". В отличие от Mathcad все функции приходится вводить с клавиатуры	Тип «wysiwyg». Набор выражений происходит от позиции курсора. Выражений с клавиатуры приходится вводить относительно немного, так как в командном окне имеются различные палитры инструментов
Работа с массивами и матрицами	Многомерный набор данных создается с помощью списка, который вводится с клавиатуры. Также с клавиатуры вводятся и функции для работы с матрицами и векторами	Предоставлен достаточный набор функций для проведения различных операций с матрицами и векторами. Некоторые операции можно брать с соответствующей палитры, другие – вводить с клавиатуры или вставлять из меню Вставка/Функции
Решение уравнений	Решает уравнения и системы уравнений функцией с различными параметрами	Различает решение уравнений и систем уравнений. Команды можно набирать с клавиатуры, можно вставлять из меню
Математические операторы	Здесь в отличие от Mathcad все операторы вводятся с клавиатуры в виде отдельных символов и функций. Дан относительно подробный список операторов	Приведен в таблице целый ряд операторов как простых типа сложения, так и вычисления суммы, произведения, интегралов и производных и т. д., которые можно вводить с клавиатуры или вставлять из соответствующей палитры

Окончание

Критерий сравнения	MatLab	Mathcad
Встроенные функции	Здесь в основном используются только функции, которые вводятся с клавиатуры	Построены по принципу всех функций: название функции и параметры в скобках. Можно выделить функции упрощения выражения, раскрытия скобок, тригонометрические и целый ряд других
Программирование	Здесь программы создаются в виде отдельных М-файлов. Если написать программу какой-нибудь функции, то эту функцию можно будет использовать как стандартную. Также в программу можно вставлять комментарии	Предоставлены шаблоны для создания программ и подпрограмм. В качестве выходного значения указывается последнее значение, вычисленное программой. Также внутри программы можно использовать функции, описанные ранее. Программы пишутся в том же файле, что и все вычисления
Графические возможности	Функция графика создается из командной строки. Графики создаются на формах в определенной системе координат. В команде построения можно указывать свойства графика	Графики строятся на основе имеющихся шаблонов. Основные виды: график в декартовой плоскости, в полярной системе координат, трехмерный в виде гладкой поверхности, в виде контурных кривых и т. д. Сначала задается функция графика, диапазон, затем строится сам график, который можно редактировать

Как видно из сравнительного анализа, все математические пакеты сходны между собой. У них похожие принципы построения вычислений, графиков функций. И в Mathcad, и в MatLab есть списки встроенных функций и операторов. Но имеются и отличия, например в интерфейсе, методах программирования.

Система Mathcad максимально приближена к естественному математическому языку. Интуитивно понятна для программирования, реализует «живые» формулы и имеет простой графический редактор. Mathcad может быть рекомендован студентам и специалистам для решения сравнительно несложных задач, а также в качестве инструментальной среды для первоначального освоения современных вычислительных сред.

Эти системы имеют очень широкий набор встроенных функций. Большинство из рассмотренных алгоритмов реализовано в виде стандартных функций и ими, конечно, необходимо пользоваться. Однако их слепое применение может или вообще не дать результата или дать неверный результат из-за отсутствия сходимости или ошибок вычислений. Поэтому очень важно понимать суть реализованных в системах алгоритмов для того, чтобы избежать возможных ошибок или адаптировать алгоритмы к имеющимся задачам.

Таким образом, для профессиональной деятельности можно рекомендовать систему MatLab. Сложные задачи в этой системе могут быть решены значительно быстрее, а ее главное преимущество состоит в возможности реализовать разработанные программы все системы, что невозможно сделать в системе Mathcad.

Литература

1. Балич, Е. В. Формализация тепловых расчетов синхронных генераторов при помощи тепловых схем замещения / Е. В. Балич, А. Г. Капустин // Совершенствование обеспечения полетов авиации : тез. докл. 3-й военно-науч. конф. курсантов и молодых ученых / редкол.: А. А. Санько [и др.]. – Минск : МГВАК, 2013.
2. Балич, Е. В. Исследование процессов нагрева и охлаждения синхронного генератора с использованием программы MATLAB 7.0.1 / Е. В. Балич, А. Г. Капустин // Актуальные вопросы науки и техники в сфере развития авиации : тез. докл. 3-й междунар. науч.-техн. конф. – Минск : Воен. акад. Респ. Беларусь, 2013. – 215 с.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В РЕШЕНИИ
ОЛИМПИАДНЫХ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧАХ
(ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ)**

К. М. Шкурин, И. Л. Громько, А. Д. Чарушников

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

Научный руководитель А. П. Кейзер

Комбинаторные задачи. Комбинаторика в олимпиадных задачах применяется, когда необходимо перебрать всевозможные варианты. К комбинаторным методам относятся: генерация двоичного кода, генерация сочетаний, перестановок, размещений.

Рассмотрим следующие производственные задачи.

Задача 1 (фрагмент кандидатской диссертации Г. В. Ахраменко, работающей в настоящее время доцентом кафедры «Изыскания и проектирование дорог» Белорусского государственного университета транспорта). Сборный поезд, выполняя маневровую работу на участке Г–К, может останавливаться на промежуточных станциях $i = 2, 3, 4, \dots, n-1$ и выполнять маневры по прицепке и отцепке вагонов. Известны времена стоянок на этих станциях: $\Delta CT_2, \Delta CT_3, \Delta CT_4, \dots, \Delta CT_{n-1}$. Известна заданная графиком движущая скорость движения данного поезда $V_{уч}$ на участке Г–К, поправки на разгон $\tau_{p1}, \tau_{p2}, \tau_{p3}, \dots, \tau_{p(n-1)}$, поправки на замедление $\tau_{z2}, \tau_{z3}, \tau_{z4}, \dots, \tau_{zn}$, чистые времена хода по каждому перегону $T_{x1}, T_{x2}, T_{x3}, \dots, T_{x(n-1)}$. Необходимо определить, на каких промежуточных станциях поезд должен остановиться, чтобы выполнить участковую скорость на участке Г–К.

На языке математики при некоторых технологических упрощениях (дано общее время движения поезда на участке) данная задача выглядит следующим образом — необходимо решить уравнение вида:

$$a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + \dots + a_{n-1}x_{n-1} + a_n = 0, \quad (1)$$

где $a_2, a_3, a_4, a_{n-1}, a_n$ – натуральные числа.

Каждый корень уравнения x_i может принимать 2 значения: 0 или 1.

При $n < 20$ (столько станций находится на реальных железнодорожных участках) уравнение (1) решается перебором всех вариантов. На коэффициенты a_i накладывается маска двоичного кода. Например, при $n = 8$ маска двоичного кода имеет вид:

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	1	0	0
.
1	1	1	1	1	1	1	1

При большом значении n (например, $n = 200$) задача является архисложной и по мнению известного в Республике Беларусь специалиста в области программирования профессора В. Котова (БГУ) решается методом динамического программирования и с достоинством может участвовать в чемпионате мира по программированию.

Задача 2 (рассматривалась в кандидатской диссертации А. П. Кейзера, работающего в настоящее время доцентом кафедры «Информационные технологии» Белорусского государственного университета транспорта). Расчет оптимальных по расходу топлива режимов вождения поездов методом динамического программирования.

Метод динамического программирования (МДП) – это классика решения оптимизационных задач. Не является исключением и использование МДП в задаче расчета оптимальных режимов ведения поезда $N_{K_j}^0$ на заданном участке.

Рассмотрим вначале упрощенную схему задачи (рис. 1).

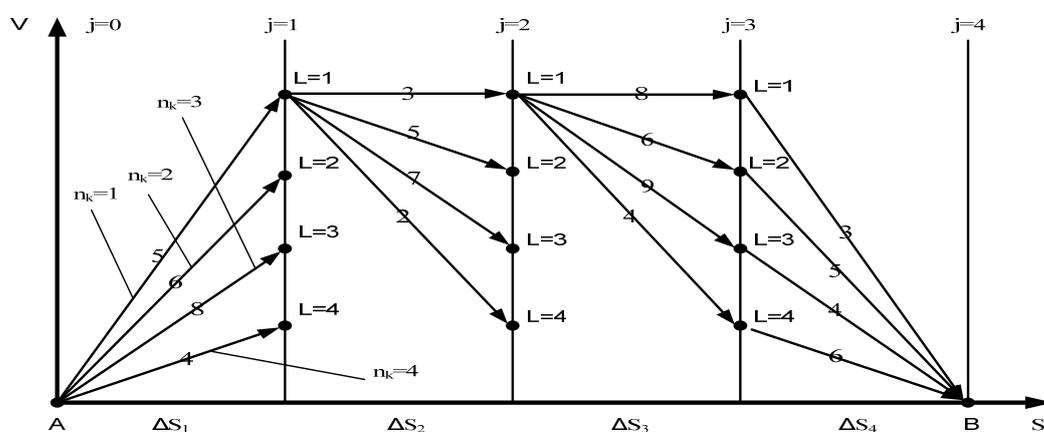
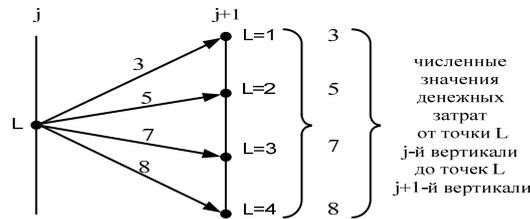


Рис. 1. Упрощенная схема вариантов движения поезда и расчета оптимальных режимов ведения методом динамического программирования

В системе координат $V = f(S)$ выделим шаги $\Delta S_1, \Delta S_2, \dots, \Delta S_n$. На каждом шаге ΔS_j (на рис. 1 $1 \leq j \leq 4$) режим движения N_{K_j} и величина уклона профиля пути не меняется. Количество режимов движения $N_{K_{\max}}$ в упрощенной схеме совпадает с количеством точек L на каждой j -й вертикали. В начала 1-го шага варьирования (вертикаль $j=0$) и конце n -го шага (вертикаль $j=n$) количество точек $L=1$. На остальных вертикалях $1 \leq j \leq n-1$ (рис. 1) количество точек равно количеству режимов ведения $L = N_{K_{\max}}$ (на рис. 1 в оптимизации участвует количество режимов ведения $N_{K_{\max}} = 4$ и количество значений $L = 4$).

Пояснения к рис. 1:



Эти данные будем в дальнейших вычислениях обозначать символами $C_{L_j \rightarrow L_{j+1}}$.

При расчете оптимальной стратегии ведения поезда (расчет ведется то конечной точки B к начальной точке A последовательно по шагам $\Delta S_4, \Delta S_3, \Delta S_2, \Delta S_1$) будем использовать формулу, логически вытекающую из принципа Р. Беллмана:

$$H_{j,L_j} = (h = C_{L_j \rightarrow L_{j+1}}) + H_{L_{j+1}}^0, \quad (2)$$

где $h = C_{L_j \rightarrow L_{j+1}}$ – критерий оптимальности при движении поезда на шаге ΔS_j ; $H_{L_{j+1}}^0$ – критерий, оценивающий оптимальное ведение поезда от точки L , расположенной на $(j + 1)$ -й вертикали до конечной точки B .

Для решения упрощенной задачи расчета оптимальных режимов ведения $n_{K_j}^0$ составлена и отлажена программа на языке Pascal.

Рассмотрим реальную модель расчета оптимальных режимов ведения методом динамического программирования.

Возьмем вариант пропуска поезда по расчетному участку за чистое время хода, т. е. без остановок. Скорость начального V_n и конечного V_k состояния объекта в этом случае не определена.

В плоскости $V-S$ (рис. 2) строим координатную сетку, причем ее размер ΔV^0 по вертикали может быть значительно увеличен по сравнению с предыдущим вариантом методики (до 5 км/ч и более).

Для всех L узловых точек в конце последнего шага варьирования ΔS_n задаем одинаковым значением критерия $H_{j+i,L} = 0,1$ (любая константа).

Для каждого шага варьирования ΔS_j по всем конкурентоспособным кривым скорости определяем критерий оптимальности, применяя линейное интерполирование по формуле

$$H^0 = \min H_j = \min \left\{ h_j + H_{j+1,L}^0 - \frac{[H_{J+1,L}^0 - H_{(j+1)(L+1)}^0] \Delta V^c}{\Delta V^c} \right\}, \quad (3)$$

где H_j – критерий, оценивающий траекторию движения поезда для одного из режимов ведения n_k на шаге ΔS_j от начальной точки L узла координатной сетки до конечного состояния объекта управления на заданном участке; h_j – критерий, оценивающий траекторию движения поезда только на шаге ΔS_j ;

$$h_j = \Delta G_j + \lambda \Delta t_j, \quad (4)$$

где $\Delta G_j, \Delta t_j$ – расход топлива и время движения поезда на j -м шаге варьирования; λ – множитель Лагранжа, задающий время хода по участку, в рамках которого опре-

деляются оптимальные режимы ведения $n^0 k_j$; $H_{(j+1),L}^0$ – критерий, оценивающий оптимальный процесс движения поезда от узловой точки $L(j+1)$ -й вертикали до конечного состояния объекта управления; $H_{(j+1),(L+1)}^0$ – критерий, оценивающий оптимальный процесс движения поезда от узловой точки $L(j+1)(j+1)$ -й вертикали до конечного состояния объекта управления; ΔV^c – размер интервальной сетки; ΔV_{L+z} – длина отрезка между точками L и Z внутри интервала $L - (L+1)$.

Из каждого пучка конкурентоспособных кривых скорости, выходящего из точек L_j необходимо выбрать оптимальную, соответствующую минимальному значению H . Критерий, оценивающий эту траекторию $H_{j,L_j}^0 = \min H_{j,L_j}$, является критерием оптимальной стратегии ведения поезда от точки L_j до конечного состояния объекта, и будет участвовать как значение $H_{(j+1),L}^0$ или $H_{(j+1),(L+1)}^0$ в формуле (2) при выполнении расчетов в следующем от конца $j = (j-1)$ шаге для всех кривых скорости, которые попадут в окрестность точки L .

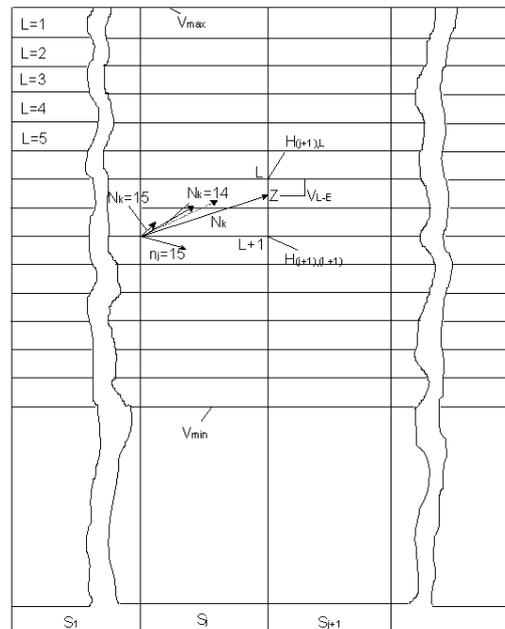


Рис. 2. Графическая иллюстрация определения оптимальных режимов методом динамического программирования при линейном интерполировании критериев последующей оптимальной стратегии управления в предлагаемой методике

Перебирая на каждом шаге все точки L_j на $(j-q)$ вертикали и запоминая при этом в памяти компьютера значения H_{j,L_j}^0 , доходим до точек L_j начала первого шага варьирования.

При расчете критериев оптимальности для каждой узловой точки L_j на вертикалях $j = 1, j = 2, \dots, j = N-1$ (рис. 2) по формуле (2) используется линейное интерполирование, что вносит определенную погрешность в определение критериев H_{j,L_j} , особенно при расчете с более крупной сеткой. Для увеличения точности расчета можно использовать нелинейное интерполирование (например, с помощью полинома Лагранжа по n узловым точкам).

Литература

1. Беллман, Р. Динамическое программирование / Р. Беллман. – М. : Изд-во иностр. лит., 1960. – 400 с.
2. Кейзер, А. П. Совершенствование режимов вождения поездов и повышение эксплуатационной надежности графика движения : дис. ... канд. техн. наук / А. П. Кейзер. – Гомель, 1995. – 176 с.
3. Костромин, А. М. Оптимизация управления локомотивом / А. М. Костромин. – М., 1987, 119 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ВОЛОЧЕНИЯ

В. В. Макусев

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

Научный руководитель О. А. Кравченко

Волочение проволоки – это процесс обработки металла давлением, характеризующийся постепенным однократным или многократным протягиванием последнего через специальный волочильный инструмент, предназначенный для поэтапного уменьшения поперечного сечения исходной заготовки.

В результате поперечные размеры изделия уменьшаются, а длина увеличивается. Волочение широко применяется в производстве пруткового металла, проволоки, труб и др. Производится на волочильных станах, основными частями которых являются волок и устройство, тянущее через них металл [1].

Для работы волочильного оборудования необходимо задать параметры волочения, которые рассчитываются различными методами. Существующие методики расчета технологических режимов волочения требуют продолжительного времени на их выполнение. Кроме того, возникают трудности с обработкой экспериментальных данных, существует также значительная вероятность ошибки в связи с неточным определением реологических характеристик сплавов.

Для автоматизации процессов расчета деформационных режимов обработки металлов, давлением необходимо использовать имеющиеся алгоритмы и программы для ЭВМ. Однако такие разработки, как правило, имеют узкую область применения, лишены общедоступности. Разработка новых средств автоматизации расчета технологических параметров волочения ведется с учетом этих факторов.

В связи с этим была создана программа расчетов волочения благородных металлов и сплавов с использованием данных по их свойствам, полученным в результате проведенных ранее научных исследований на ОАО «Красноярский завод цветных металлов». С ее помощью значительно сокращается время, затрачиваемое на расчет, упрощается анализ результатов, повышается их точность [2].

В связи с актуальностью темы разработки автоматизированного расчета волочения была разработана программа для вычисления параметров волочения нового оптимального маршрута без сдвоенных волок и со сдвоенными волокнами. На первом шаге работы с программой пользователь столкнется с входом в программу, так как он не пользовался ею до этого, то сначала ему придется зарегистрироваться в программе. Путем не сложных манипуляций он регистрирует свой логин, который будет внесен в базу пользователей, и при следующем входе в программу ему нужно будет ввести только свой логин и пароль, если же он забудет пароль, имеется напоминание через подсказку, которую он прописал при регистрации или же выбор отправки пароля на email. На следующем этапе пользователь столкнется с вводом данных для вычисления параметров процесса волочения. Ввод данных обеспечен

проверкой корректности ввода, имеются все возможные подсказки и справочники. После подтверждения вводных данных, пользователь увидит таблицу данных с оптимальными маршрутами волочения, и температурный график с переходами волочения. Если же пользователь захочет вернуться на предыдущий этап программы, то ему будет предложено сохранить рассчитанный оптимальный маршрут в виде файла Excel в каталоге, который пользователь выберет по своему усмотрению, если же пользователь откажется от сохранения, то приложение просто перейдет на предыдущий этап. С этим же пользователь столкнется, если захочет закрыть программу, только в результате приложение закроется.

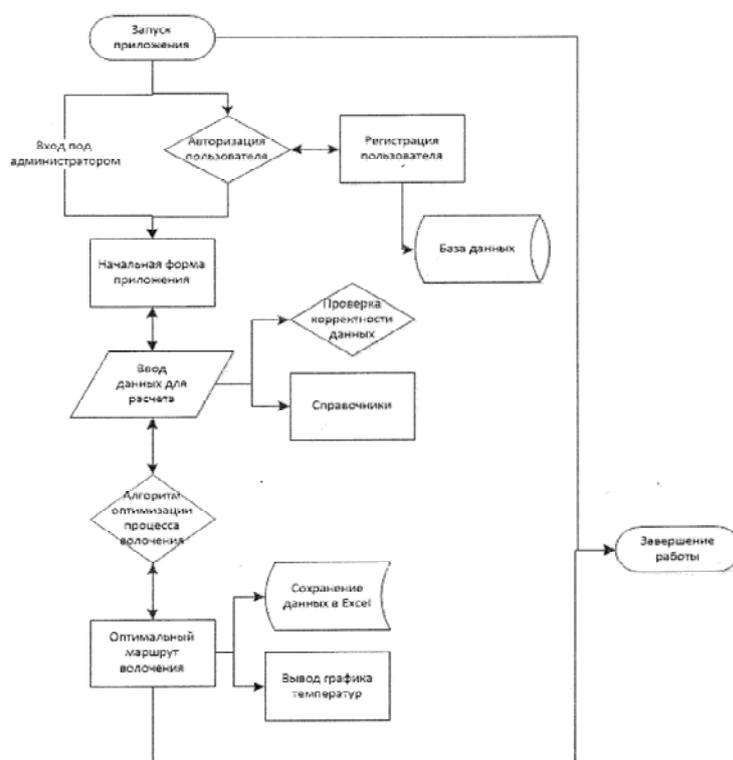


Рис. 1. Структурная схема приложения

В разработанной программе используются методики определения технологических режимов прокатки и напряжений волочения, кинематических характеристик и коэффициентов запаса. Алгоритм включает в себя ввод исходных данных, расчет режимов обжатий по проходам, определение энергосиловых параметров прокатки.

Определение параметров волочения производится с учетом изменения напряжения текучести и временного сопротивления разрыву при увеличении суммарной деформации.

Литература

1. Википедия // Волочение. – 2013. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Волочение>. – Дата доступа: 30.03.2014.
2. Анализ и автоматизация расчета деформационных режимов холодной листовой прокатки и волочения благородных металлов и их сплавов: Сибирский федеральный университет. – 2010. – Режим доступа: s003-047.pdf.

Секция X
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, НАДЕЖНОСТЬ
И ДИАГНОСТИКА ЭНЕРГООБОРОТА

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТИЛЬНИКОВ ДЛЯ НАРУЖНОГО
И ВНУТРИЦЕХОВОГО ОСВЕЩЕНИЯ

В. С. Кизева

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

Научный руководитель Л. И. Евминов

Проблемы энергосбережения и энергоэффективности являются одними из наиболее актуальных в мировой энергетике, а с учетом тенденции роста цен на энергоносители это и одни из главных проблем экономики. В целях обеспечения эффективного использования топлива и энергии в Республике Беларусь реализуется «Республиканская программа энергосбережения на 2011–2015 годы». Одним из пунктов программы является повышение энергоэффективности за счет внедрения энергоэффективных систем освещения во всех отраслях народного хозяйства, жилищно-коммунальном секторе. Проанализировав данные [1], можно сделать выводы о том, что наиболее перспективными на сегодняшний день являются светодиодные и индукционные источники света (ИС).

Цель данной работы – оценить зрительный и биологический аспекты применения индукционных и светодиодных ИС; исследовать электрические и светотехнические характеристики светильников с индукционными и светодиодными ИС; оценить экономическую эффективность при внедрении энергоэффективных ИС.

В работе [2] проанализированы зрительный и биологический аспекты применения светодиодных источников света (СД ИС). На сегодняшний день все авторы сходятся в одном – холодно-белые светодиоды (СД) имеют ярко выраженную полосу излучения в сине-голубой полосе спектра 440–460 нм. Офтальмологические исследования свидетельствуют о том, что пороги фотохимического разрушения сетчатки в сине-голубой области спектра в 50–100 раз ниже, чем в зелено-красной (500–700 нм) [2].

Спектральный состав света индукционных ИС максимально приближен к дневному, но на сегодняшний день существует мнение о том, что индукционные ИС излучают вредное электромагнитное излучение (ЭМИ). Так, в «Донецком областном лабораторном центре госсанэпидемслужбы Украины» было произведено измерение напряженности электромагнитного поля вблизи индукционного ИС. На расстоянии 0,5 м от индукционной лампы ИЛК-200 ЭМИ превышает предельно допустимое значение (20 мВ/м) и составляет 90 мВ/м, на расстоянии 1 м – 7 мВ/м, а с 3-метрового расстояния приборы вообще не фиксируют электромагнитного излучения [3]. Так как индукционные ИС предназначены для освещения помещений с высокими пролетами (от 4 м), то говорить о каком-либо вредном воздействии электромагнитного поля на человека не корректно.

В рамках данной работы исследованы следующие светильники:

1. Индукционный промышленный светильник LVD 03-022 150 W.
2. Уличный светодиодный светильник ДКУ-64х2-001 У1 «Феникс».

В ходе проведенной работы были сняты вольт-амперные характеристики (ВАХ) исследуемых ИС. Из анализа ВАХ следует, что данные ИС не чувствительны к перепадам напряжения и способны работать в достаточно широком диапазоне напряжений. Напряжение зажигания и отключения индукционного светильника LVD 03-022 150 W – 66 и 70 В, соответственно. А светильник ДКУ-64х2-001 У1 включается при значении напряжения 60 В и отключается при 56 В.

Также в рамках данной работы исследовано влияние величины питающего напряжения на величину светоотдачи исследуемых ИС. Измерения проводились при высоте подвеса источника света 3 м. Выявлено, что исследуемые светильники стабильно работают при напряжении питающей сети 140 В. Также следует отметить, что изменение напряжения в диапазоне 140–220 В не влияет на величину освещенности.

Также авторами проведен гармонический анализ кривых тока исследуемых ИС. Действующие значения напряжения и тока на лампах измерялись с помощью цифрового осциллографа OWON SDS 8202. Далее полученные результаты обработаны с помощью системы компьютерной алгебры Mathcad. Результаты представлены на рис. 1 и 2.

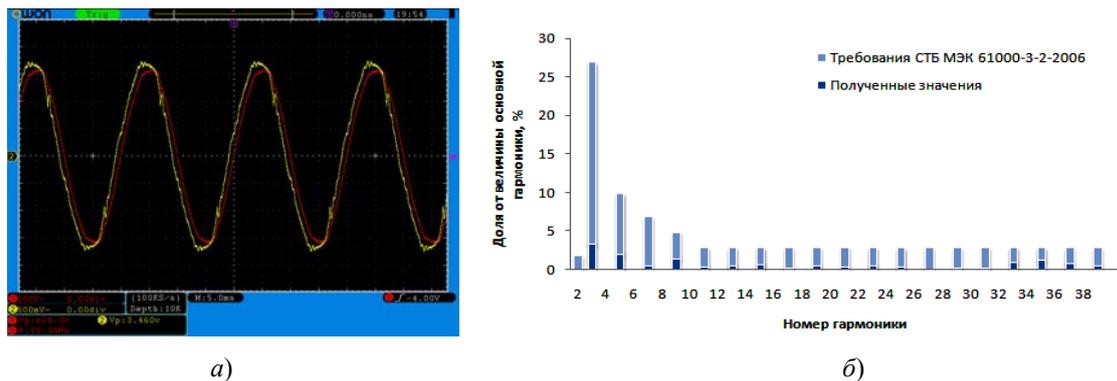


Рис. 1. Экспериментальная кривая тока и напряжения светильника LVD 03-022 150 W (а) и гармонический состав кривой тока (б)

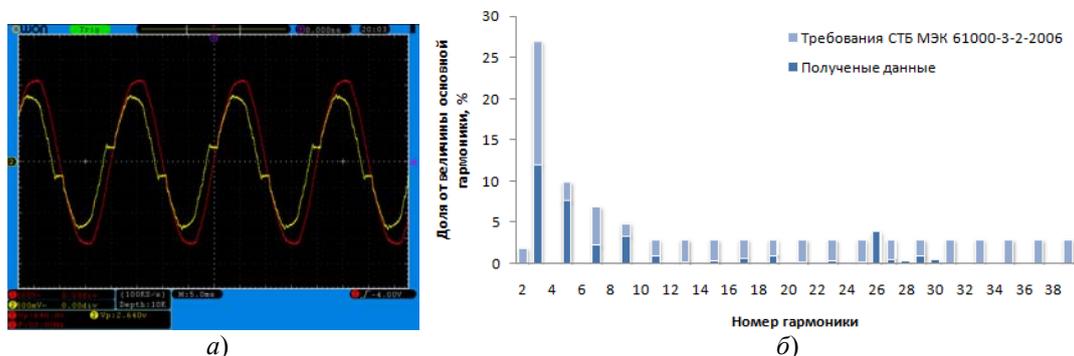


Рис. 2. Экспериментальная кривая тока и напряжения светодиодного светильника ДКУ-64х2-001 У1 «Феникс» (а) и гармонический состав кривой тока (б)

Проанализировав результаты, приведенные на рис. 2 и 3, сделан вывод о том, что уровень высших гармоник кривой тока, потребляемого из сети, не превышает

требований, установленных СТБ МЭК 61000-3-2–2006. Также видно, что уровень высших гармоник индукционного светильника LVD 03-022 150 W ниже по отношению к светодиодному светильнику и кривая тока индукционного источника света приближена к синусоидальной.

В данной работе произведена реконструкция системы общего равномерного освещения (в составе комбинированного) сварочно-механического участка цеха № 1а ОАО «Белсельэлектросетьстрой» филиала «Завод энергооборудования». Светильники с лампами ДРЛ заменены на энергоэффективные. К установке выбраны светильник с индукционной лампой LVD 03-022 150 Вт и светодиодный светильник ДСП 02-48x4-001. Анализ проводился на основании расчетов, произведенных в программе DIALux. Для сравнения выбрано помещение 44,5 x 15, высота потолка 8 м. Подвес светильников – 7,2 м. Нормируемая освещенность для системы комбинированного освещения данного цеха $E_{\min} = 400$ Лк (в том числе от общего 200 Лк). Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчетов в программе DIALux

Светильник	Потребляемая мощность, Вт	Поверхность	E_{\min} , Лк	E_{\max} , Лк	E_{\max}/E_{\min}
LVD 03-022 150 Вт	5798,8	Рабочая плоскость	196	417	2,13
		Полы	206	397	1,93
ДСП 02-48x4-001	4200	Рабочая плоскость	223	541	2,43
		Полы	215	494	2,3

Из табл. 1 видно, что установленная мощность осветительной установки с применением СД ИС меньше в сравнении с индукционными, однако освещение с помощью индукционных светильников более равномерное.

Также выполнено технико-экономическое сравнение представленных систем освещения при средней стоимости 1 кВт · ч электроэнергии 1454,47 бел. р. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Расчет срока окупаемости замены светильников с лампами ДРЛ на индукционные светильники и светодиодные светильники

Источник света	Капиталовложения, бел. р.	Экономия средств, бел. р./год	Срок окупаемости, лет
Индукционные ИС	135500288	36047412,39	3,76
Светодиодные ИС	209057587,2	38671222,3	5,41

Из табл. 2 видно, что система освещения с применением индукционных ИС имеет в 1,5 раза меньший срок окупаемости по отношению к системе освещения с помощью светодиодных ИС. Однако замену ДРЛ ламп на индукционные можно произвести без замены светильников, что позволит сэкономить значительные средства и время. Так, авторами совместно с ОАО «Гомельский ЗИП» была произведена модернизация светильника РСП, в ходе которой лампы ДРЛ 400 Вт заменили на ИЛ Saturn мощностью 150 Вт. В ходе проведенных испытаний была зафиксирована работоспособность модернизированного светильника РСП (в комплекте с ИЛ Saturn 150 Вт) и исследованы его светотехнические характеристики.

В результате 2-годичной эксплуатации более 800 индукционных светильников в Речицком ПО «Беларуснефть» были выявлены их высокая эффективность и надежность. Расходы на электроэнергию при замене светильников с лампами ДРЛ на индукционные снизились более чем в 2 раза.

Результаты проделанной работы свидетельствуют о том, что использование в освещении индукционных ИС позволяет достаточно быстро окупить денежные вложения, значительно снизить потребление электроэнергии, уменьшить количество используемых ламп и стоимость технического обслуживания.

Литература

1. Кизева, В. С. Сравнительный анализ различных источников света и оценка электромагнитной совместимости безэлектродных (индукционных) и светодиодных источников света / В. С. Кизева // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XIII Междунар. межвуз. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов, Гомель, 25–26 апр. 2013 г. / Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого; редкол.: Н. Г. Мансурова [и др.]. – Гомель, 2013. – С. 491–494.
2. Закгейм, А. Л. Светодиодные системы освещения: эффективность, зрительное восприятие, безопасность для здоровья (обзор) / А. Л. Закгейм // Светотехника. – 2012. – № 6. – С. 12–20.
3. Протокол № 71/83 от 5 июня 2013 г. – Державная установа «Донецький обласний лабораторний центр держсанепідслужби України».

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А. А. Матьякубов

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

Научный руководитель Л. И. Евминов

1. Общие положения применения солнечных батарей

В настоящее время поиск и активное использование новых альтернативных источников энергии во многих развитых странах мира приняты в качестве жизненно важных, стратегически необходимых ресурсов, обеспечивающих перспективное развитие экономик этих стран.

Одним из приоритетных направлений использования альтернативных источников энергии является солнечная энергетика. Солнце является главным первоисточником нетрадиционной энергетики. Год за годом оно поставляет с высокой надежностью солнечное излучение, превышающее нынешнее мировое потребление энергии в 7 тыс. раз: 70 % этого излучения приходится на океаны, озера и моря [2].

Солнечная энергия оценивается солнечной постоянной, т. е. плотностью потока излучения, падающего на площадку, перпендикулярную этому излучению и расположенную над атмосферой, и ее численное значение составляет около 1353 Вт/м² [1].

Проходя через атмосферу (рис. 1), солнечное излучение ослабляется, частично пронизывает атмосферу прямыми лучами и достигает земной поверхности в виде прямого и рассеянного излучения, прямое и рассеянное излучение ведут себя по-разному, прямыми лучами можно управлять, применяя соответствующие оптические системы, рассеянное излучение не поддается концентрации и управлению [2].

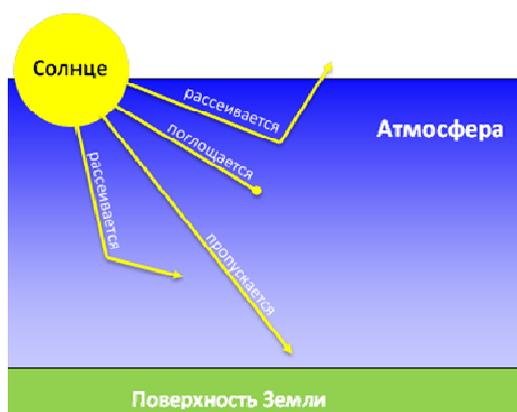


Рис. 1. Основные составляющие солнечного излучения на поверхности Земли

Солнечное излучение, достигающее земной поверхности, неоднородно по своему составу и его можно разделить на три диапазона: ультрафиолетовый, видимое излучение и инфракрасный диапазон, каждый участок спектра вносит свою долю излучения: ультрафиолетовый – 7 %, видимый – 47 %, инфракрасный – 46 % [3].

В Республике Беларусь солнечная постоянная примерно равна $1000\text{--}1150 \text{ Вт/м}^2$. По метеорологическим данным, в Республике Беларусь в среднем 250 дней в году пасмурных, 185 с переменной облачностью и 30 ясных, а среднегодовое поступление солнечной энергии на земную поверхность с учетом ночей и облачности составляет $2,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^2$, а с учетом коэффициента полезного действия преобразования 12 % – $0,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ на м^2 в сутки, что говорит о возможности использования солнечных батарей в Республике Беларусь [4].

2. Экспериментальные исследования характеристик солнечных батарей

Вольт-амперная характеристика зависит от освещенности и от температуры окружающей среды, и экспериментальными исследованиями доказано, что оптимальными являются температура окружающей среды $+25 \text{ }^\circ\text{C}$ (рис. 2, б) и освещенность выше 96 клк, отклонение от них будет проявляться в ВАХ солнечной батареи (рис. 2, а). Освещенность было измерена с помощью люксметра ТКА-ПКМ.

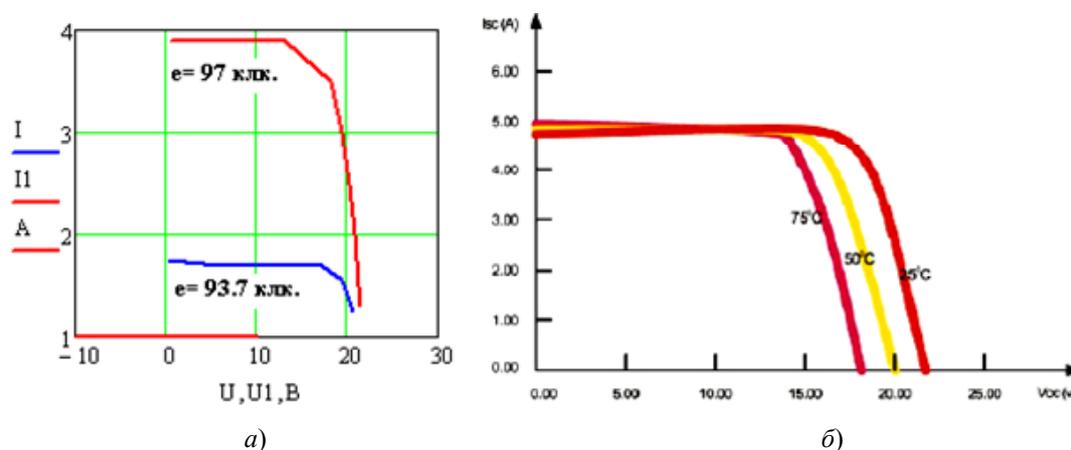


Рис. 2. Графики показаний освещенности и температуры окружающей среды:

а – вольт-амперная характеристика при различных углах;

б – вольт-амперная характеристика СМ при различных температурах ячейки

А также экспериментальным и расчетным путем было доказано, что самым оптимальным углом является угол $\beta = 53^\circ$. Если установить на $5-10^\circ$ меньше или больше указанного угла, то получим менее 90 % солнечной энергии, следовательно, меньше КПД солнечной батареи. Так, в зимнее время года и в пасмурную погоду освещенность варьирует в различных пределах и экспериментальным путем установлено, что эти изменения проявляются на ВАХ солнечной батареи при одном и том же установленном оптимальном угле (рис. 3).

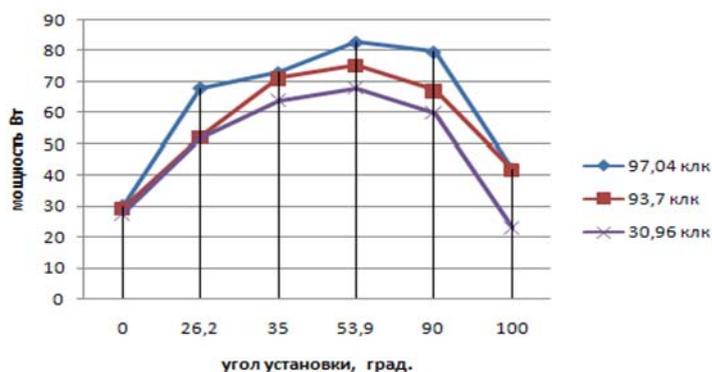


Рис. 3. График зависимости мощности солнечной батареи от угла установки при различных уровнях освещенности

3. Технико-экономическая эффективность применения солнечных батарей в условиях Республики Беларусь

Расчет эффективности использования солнечных электростанций произведем на примере солнечной электростанции мощностью 9 кВт.

Исходные данные для расчета при собственном потреблении:

$P_{с.б}$ – мощность, вырабатываемая солнечными панелями, 9 кВт; $b_{акт}$ – цена за 1 кВт · ч электроэнергии, которая равна \$0,14035.

Годовая вырабатываемая электроэнергия рассчитывается по следующей формуле:

$$W_{год} = P_{с.б} T, \quad (1)$$

где $W_{год}$ – годовая выработка электроэнергии, кВт · ч/год; $P_{с.б}$ – мощность солнечной батареи, кВт; T – число рабочих часов в году солнечных панелей для Республики Беларусь составляет 2080 ч.

$$W_{год} = 9 \cdot 2080 = 18720 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год.}$$

Годовая экономия ТЭР составит:

$$b_y = 18720 \cdot 10^{-3} \cdot 0,28 = 5,24 \text{ т у.т./год.}$$

Годовая экономия в денежном эквиваленте:

$$C = W_{год} b_{акт} = 18720 \cdot 0,14035 = \$2627,4.$$

Простой срок окупаемости:

$$T_{окуп} = 15000/2627,4 = 5,8 \text{ лет.}$$

Выводы

Проведенные экспериментальные исследования солнечной батареи показали, что эффективность их применения зависит прежде всего от благоприятных условий (температура, влажность, атмосферная масса количества солнечного дня, количества поступления солнечной энергии) и от координат заданной поверхности.

Приведенное технико-экономическое обоснование применения солнечной батареи в условиях Республики Беларусь показывает эффективность ее применения. Срок окупаемости не превышает 5,8 лет на сегодняшний день.

Литература

1. Солнечная энергетика : учеб. пособие для вузов / В. И. Виссарионов [и др.] ; под ред. В. И. Виссарионова. – М. : Издат. дом МЭИ, 2008. – 317 с.
2. Кундас, С. П. Возобновляемые источники энергии : монография / С. П. Кундас, С. С. Позняк, Л. В. Шенец. – МГЭУ им. А. Д. Сахарова. – Минск : МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2009. – 315 с.
3. Лосюк, Л. А. Нетрадиционные источники энергии : учеб. пособие / Л. А. Лосюк, В. В. Кузьмич. – Минск : УП «Технопринт», 2005. – 234 с.
4. Режим доступа: www.greenrevolution.ru. – Дата доступа: 1.03.2014.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ «АНАЛИЗАТОР ПКЭ»

С. А. Бортневская

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

Научный руководитель О. Г. Широков

Мероприятия по контролю качества электроэнергии позволяют уменьшить неблагоприятное воздействие на силовые электроустановки, системы автоматики и телемеханики, связи и релейной защиты, повысить надежность электроснабжения, снизить потери мощности. Для контроля качества электроэнергии необходим непрерывный мониторинг показателей качества электроэнергии с помощью специализированных приборов.

Устройство контроля параметров качества электрической энергии УК-1 представляет собой высокоточный измерительный прибор, который устанавливается на объектах и осуществляет сбор, обработку, хранение информации о параметрах качества электрической энергии в соответствии с требованиями ГОСТ 13109–97. Измерения и оценка показателей качества электроэнергии на объектах может осуществляться каждые 24 ч или несколько суток (периодический контроль) либо непрерывно (непрерывный контроль). Результаты измерения показателей качества электроэнергии представляются в виде протокола контроля качества электроэнергии за сутки.

Протоколы измерений, полученные прибором УК-1, можно обработать с помощью разработанной программы «Анализатор параметров качества электроэнергии» («Анализатор ПКЭ»). Программное обеспечение позволяет из всего количества измерений выбрать показатели качества электроэнергии, вышедшие за нормально и предельно допустимые значения.

В функции программного обеспечения «Анализатор ПКЭ» входит:

1. Оценка измерений, полученных с помощью прибора УК-1 (установившееся отклонение напряжения; отклонение частоты; доза фликера; коэффициент искаже-

ния синусоидальности кривой напряжения; коэффициент n -й гармонической составляющей напряжения; коэффициент несимметрии напряжений, размах изменения напряжения; провалы напряжения).

2. Выявление параметров, превышающих нормально и предельно допустимые значения.

3. Визуализация данных в удобном для пользователя виде (табличном).

Пример работы программного обеспечения «Анализатор ПКЭ»:

С помощью программы УК-1 откроем пакет измерений показателей качества электрической энергии.

Объект измерения – ОАО «Добрушская бумажная фабрика «Герой труда».

Номинальное междуфазное напряжение сети – 6 кВ.

Время измерений – 4 суток.

При нажатии кнопки на панели «Окно суточного протокола» результаты измерений будут представлены в виде протоколов измерений (рис. 1):

– сохраняем протоколы измерений за каждые сутки в формате *.txt с помощью кнопки на панели «Сохранить» (рис. 2);

– запускаем программу «Анализатор ПКЭ» и открываем протоколы измерений (рис. 3);

– получаем результаты измерений. Показатели, вышедшие за нормально допустимые значения в соответствии с ГОСТ 13109–97, выделяются зеленым цветом; показатели, вышедшие за предельно допустимые значения, – красным (рис. 4).



Рис. 1. Внешний вид программы УК-1

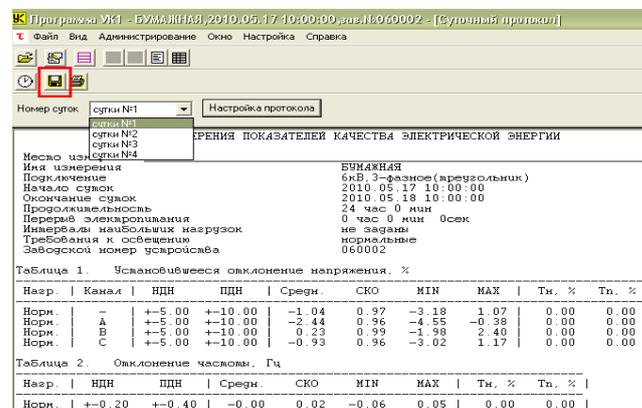


Рис. 2. Протокол суточных измерений

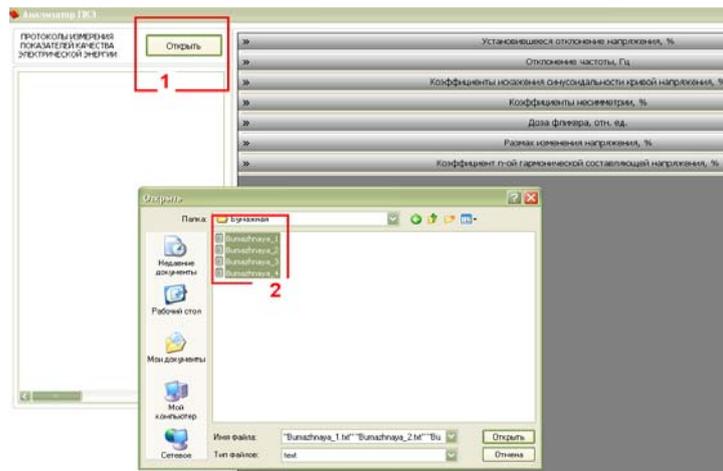


Рис. 3. Внешний вид программы «Анализатор ПКЭ»

Анализатор ПКЭ

ПРОТОКОЛЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Открыть

F:\ПКЭ\Бумажная\Bumazhnaya_1.txt
 F:\ПКЭ\Бумажная\Bumazhnaya_2.txt
 F:\ПКЭ\Бумажная\Bumazhnaya_3.txt
 F:\ПКЭ\Бумажная\Bumazhnaya_4.txt

Установившееся отклонение напряжения, %

Нагр.	Канал	НДН	ПДН	Средн. СКО	MIN	MAX	Tn, %	Tp, %	Начало суток	Окончание суток	Продолжительность	
Норм.	-	+5,00	+10,00	-1,04	0,97	-3,18	1,07	0	0	2010.05.17 10:00:00	2010.05.18 10:00:00	24 часа
Норм.	A	+5,00	+10,00	-2,44	0,96	-4,55	-0,38	0	0	2010.05.17 10:00:00	2010.05.18 10:00:00	24 часа
Норм.	B	+5,00	+10,00	0,23	0,99	-1,98	2,4	0	0	2010.05.17 10:00:00	2010.05.18 10:00:00	24 часа
Норм.	C	+5,00	+10,00	-0,93	0,96	-3,02	1,17	0	0	2010.05.17 10:00:00	2010.05.18 10:00:00	24 часа
Норм.	-	+5,00	+10,00	-0,53	0,57	-2,36	1,07	0	0	2010.05.18 10:00:00	2010.05.19 10:00:00	24 часа
Норм.	A	+5,00	+10,00	-1,93	0,57	-3,75	-0,33	0	-5	2010.05.18 10:00:00	2010.05.19 10:00:00	24 часа
Норм.	B	+5,00	+10,00	0,73	0,58	-1,12	2,4	0	0	2010.05.18 10:00:00	2010.05.19 10:00:00	24 часа
Норм.	C	+5,00	+10,00	-0,41	0,56	-2,19	1,2	0	0	2010.05.18 10:00:00	2010.05.19 10:00:00	24 часа
Норм.	-	+5,00	+10,00	-0,58	0,71	-2,55	0,82	0	0	2010.05.19 10:00:00	2010.05.20 10:00:00	24 часа
Норм.	A	+5,00	+10,00	-1,99	0,72	-4	-0,58	0	0	2010.05.19 10:00:00	2010.05.20 10:00:00	24 часа
Норм.	B	+5,00	+10,00	0,72	0,73	-1,32	2,13	0	0	2010.05.19 10:00:00	2010.05.20 10:00:00	24 часа
Норм.	C	+5,00	+10,00	-0,46	0,69	-2,4	0,91	0	0	2010.05.19 10:00:00	2010.05.20 10:00:00	24 часа
Норм.	-	+5,00	+10,00	-0,52	0,8	-2,4	1,26	0	0	2010.05.20 10:00:00	2010.05.21 09:05:00	24 часа
Норм.	A	+5,00	+10,00	-1,89	0,79	-3,75	-0,13	0	0	2010.05.20 10:00:00	2010.05.21 09:05:00	24 часа
Норм.	B	+5,00	+10,00	0,81	0,82	-1,07	2,65	0	0	2010.05.20 10:00:00	2010.05.21 09:05:00	24 часа
Норм.	C	+5,00	+10,00	-0,47	0,79	-2,36	1,28	0	0	2010.05.21 09:05:00	2010.05.21 09:05:00	24 часа

Отклонение частоты, Гц

Коэффициенты искажения синусоидальности кривой напряжения, %

Коэффициенты несимметрии, %

Доза фликера, отн. ед.

Размах изменения напряжения, %

Коэффициент г-ой гармонической составляющей напряжения, %

Канал	N	НДН	ПДН	Средн. СКО	MAX	Tn, %	Tp, %	Начало суток	Окончание суток	Продолжительность
Канал А	2	1,5	2,25	0,04	0,15	0	0	2010.05.17 10:00:00	2010.05.18 10:00:00	24 часа
	3	1,5	2,25	0,24	0,03	0,32	0	2010.05.17 10:00:00	2010.05.18 10:00:00	24 часа
	4	0,7	1,05	0,02	0,07	0	0	2010.05.17 10:00:00	2010.05.18 10:00:00	24 часа
	2	1,5	2,25	0,04	0,03	0,14	0	2010.05.18 10:00:00	2010.05.19 10:00:00	24 часа
	3	1,5	2,25	0,22	0,04	0,31	0	2010.05.18 10:00:00	2010.05.19 10:00:00	24 часа
	4	0,7	1,05	0,03	0,03	0,08	0	2010.05.18 10:00:00	2010.05.19 10:00:00	24 часа
Канал В	2	1,5	2,25	0,07	0,03	0,15	0	2010.05.19 10:00:00	2010.05.20 10:00:00	24 часа
	3	1,5	2,25	0,02	0,17	0	0	2010.05.17 10:00:00	2010.05.18 10:00:00	24 часа
	4	0,7	1,05	0,02	0,07	0	0	2010.05.17 10:00:00	2010.05.18 10:00:00	24 часа
	2	1,5	2,25	0,12	0,02	0,2	0	2010.05.18 10:00:00	2010.05.19 10:00:00	24 часа
	3	1,5	2,25	0,12	0,03	0,2	0	2010.05.18 10:00:00	2010.05.19 10:00:00	24 часа
	4	0,7	1,05	0,04	0,02	0,08	0	2010.05.18 10:00:00	2010.05.19 10:00:00	24 часа

Рис. 4. Обработка результатов с помощью программы «Анализатор ПКЭ»

Видно, что отклонение частоты и коэффициенты 2, 3, 4 – гармонических составляющих напряжения выходят за границы нормально и предельно допустимых значений. Таким образом, качество электроэнергии на ОАО «Добрушская бумажная фабрика «Герой труда» не соответствует ГОСТ 13109–97.

Таким образом, данный метод оценки показателей качества электроэнергии снизил трудоемкость и время обработки результатов измерений показателей качества электроэнергии, позволил быстро определить соответствие/несоответствие качества электроэнергии на объекте требованиям ГОСТ 13109–97, а также исключил субъективные ошибки.

Полученные результаты могут быть использованы на промышленных предприятиях, энергоснабжающих организациях, ВУЗах.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ МАКЕТА СВЕТОТЕХНИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ МОЩНЫХ СВЕТОДИОДОВ

Т. Н. Савкова

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

Научные руководители: А. И. Кравченко, Ю. Н. Колесник

В настоящее время все большее распространение получают светодиодные источники света. Это связано с рядом их преимуществ, основными из которых являются высокая эффективность, длительный срок службы, экологическая безопасность, механическая прочность, хорошая цветопередача. Целый ряд фирм и их дистрибьюторов выпускают информационные бюллетени, предлагающие и рекламирующие светодиодную продукцию [1], [2]. Разброс необходимой информации по разным источникам; отсутствие систематизации сведений и унифицированной формы представления технической информации; недостаточная уверенность в достоверности приводимых параметров указывают на отставание в разработке методологических, методических и метрологических основ светотехники, критериев качества и нормативов светодиодных источников света [3].

Качество светодиодов и излучающих кристаллов принято характеризовать системой взаимосвязанных световых и энергетических параметров. Характеризуя эффективность любого устройства, мы вспоминаем о его КПД. Эффективность источников света определяется как эффективным КПД, который представляет собой долю энергии оптического излучения, превращаемую в эффективную энергию приемника (человеческого глаза), т. е. эффективная энергия приемника (человеческого глаза) представляет собой ту часть энергии оптического излучения, которая вызывает в зрительном анализаторе человека определенные ощущения, так и энергетическим КПД преобразования электрической энергии в оптическое излучение. Однако производители светодиодов об эффективности зачастую умалчивают.

Целью данной работы является определение оптимального режима работы макета светотехнического устройства (МСУ) на основе мощных светодиодов, позволяющего экономить электроэнергию при минимальных инвестициях с учетом ретроспективного анализа для последующей разработки наиболее энергоэффективных светотехнических устройств на их основе.

При проектировании светотехнического устройства на основе мощных светодиодов необходимо решать многопараметрическую задачу по выбору фирмы производителя, единичной мощности светодиода и их количества, возбуждающего тока

светодиодов, эффективности, размеров радиатора, типа драйвера, срока службы и стоимости. Однако для получения конкретных результатов необходимо проводить моделирование работы светодиодов при различных токах и температурах.

На сегодняшний день существуют различные методики оптимизации режимов работы светодиодных источников света с учетом различных критериев:

1. Авторами [4] представлена методика оптимизации весогабаритных характеристик, для тепловыделяющих элементов с нелинейными свойствами, по которой, с учетом критерия минимальной цены определяется значение потребляемого тока светотехнического устройства. Данный метод позволяет решать оптимизационную задачу с очень ограниченным количеством параметров.

2. В [5] предлагается оптимизация сложных систем освещения по производительности (лм/Вт), размерам радиаторов и стоимости с использованием Webech LED Architect, используя при этом графическую визуализацию критических параметров. При использовании данной программы можно варьировать тепловое сопротивление радиаторов, ток, рабочую температуру светодиодов и их количество. Экономичность ОУ оценивается показателем стоимости светотехнического устройства, где не учитываются все монтажные работы, стоимость оптической системы и т. д., и не может быть использована для оценки ОУ, полностью законченной проектированием. А если использовать данную методику в процессе проектирования ОУ, то не учитываются срок службы используемых светодиодов и ретроспективный анализ ИС для сравнения с аналогами.

Нами предлагается оптимизация режима работы ИС на основе оценки экономической эффективности, где стоимость единицы световой энергии определяется не относительной величиной, как световая отдача ИС в лм/Вт [6], что является не совсем корректно, а энергетическим КПД (η_e), определяющимся отношением мощности излучения $P_{из}$ (Вт) к потребляемой мощности P (Вт). Исследование энергетических параметров МСУ, изготовленных на базе мощных светодиодов, проводились методом «Интегрирующей сферы» на испытательном фотометрическом стенде при фиксированном температурном режиме. Где мощность светового потока исследуемого МСУ сравнивалась с мощностью светового потока эталонного МСУ. Для экспериментов использовались светодиоды с одинаковым предварительно измеренным спектром излучения и цветовой температурой порядка 6000 К. Для оценки МСУ использовали относительную стоимость единицы световой энергии:

$$C_{с.э} = \frac{q}{\eta_e} + \frac{C_{CD}n + C_{рад} + C_{бл.п.}}{P_{из}n\tau},$$

где η_e – энергетический КПД светодиода, %; q – тариф на электроэнергию, р./Вт · ч (в расчете используется $q = 1,63$ р./Вт · ч для расчета за потребляемую э/э филиалом ОАО «Гомсельмаш» ГЗСК за март 2014 г.); C_{CD} – стоимость светодиодов, р.; $C_{рад}$ – стоимость радиатора, р.; $C_{бл.п.}$ – стоимость блока питания, р.; $P_{из}$ – мощность излучения, Вт; τ – срок службы ИС, ч; n – количество светодиодов в установке, шт.

Минимальная стоимость единицы световой энергии МСУ обеспечивается при максимальном КПД используемых светодиодов и максимальном значении суммарной мощности излучения табл. 1.

Так, для МСУ с полной потребляемой мощностью 30 Вт минимальное значение стоимости единицы световой энергии обеспечивается при использовании 41 светодиода типа ARPL-1W White6000, которые при токе возбуждения порядка 0,25 А ха-

рактеризуются КПД около 49 % и суммарной мощностью излучения 14,7 Вт МСУ 30 Вт, на основе светодиода CXA2530-0000-000N00T40E3 производства компании Cree, уступает в стоимости единицы световой энергии на 0,5 р./Вт · ч.

Определение относительной стоимости единицы световой энергии макета светотехнического устройства на основе светодиодов LED-003W-15C-220-240LM-B-PS, CXA2530-0000-000N00T40E3, ARPL-1W white 6000

$P_{из},$ Вт	$P_{\Sigma из},$ Вт	$n,$ шт.	$C_{сд},$ р.	$\eta_e,$ %	$P,$ Вт	$P_{total},$ Вт	$R_{th},$ °C/Вт	$m,$ кг	$C_{рад},$ р.	$C_{бл.п.},$ р.	$C_{с.э.},$ р./Вт · ч
0,47	4,7	10	11000	45,5	1	10	2,70	0,37	55555	59354	4,55*
0,36	3,6	10	11000	49	0,73	7,3	2,88	0,35	52142	34914	4,43*
0,42	4,2	10	11000	46	0,88	8,8	2,95	0,34	50769	56735	4,59*
0,81	8,1	10	10500	27,5	3	30	3,00	0,33	50000	139656	6,67**
0,52	5,2	10	10500	34,5	1,51	15,1	1,79	0,56	83889	48880	5,65**
0,73	7,3	10	10500	29	2,5	25	3,04	0,33	49342	128708	6,41**
0,47	14,1	30	11000	45,5	1	30	0,90	1,11	166666	139656	4,49*
0,36	14,7	41	11000	49	0,73	30	0,70	1,43	213785	139656	4,42*
11,9	11,9	1	172200	40	30	30	0,80	1,25	187500	139656	4,92***

* данные для светодиодов типа ARPL-1W White6000

** данные для светодиодов типа LED-003W-15C-220-240LM-B-PS

*** данные для светодиодов типа CXA2530-0000-000N00T40E3

Использование данной методики позволяет:

- определять оптимальный режим работы светотехнических устройств на основе мощных светодиодов;
- увеличить срок службы светодиодов за счет улучшения теплового режима во время эксплуатации;
- проектирование светотехнических устройств с учетом экономии электроэнергии при минимальных инвестициях;
- анализировать создаваемые светотехнические устройства с учетом ретроспективного анализа;
- усовершенствовать существующие программные комплексы, решающие данные задачи.

Литература

1. Product family data sheet. – С.16. – Режим доступа: www.CREE.COM/XLAMP.
2. Прайс-лист «Artleds». – Режим доступа: <http://www.Artleds.ru/phpshop/admpanel/order/forms/forma.php>. – 25.08.2013.
3. Тукшаитов, Р. Сравнительная оценка эффективности светодиодных и газоразрядных светильников / Р. Тукшаитов, Р. Нуруллин // Современ. светотехника. – 2010. – № 1. – С. 31–33.
4. Вставская, Е. В. Оптимизация режима работы светодиодных светильников / Е. В. Вставская, Т. А. Барбасова, В. И. Константинов // Электротехн. комплексы и системы управления. – 2011. – № 4. – С. 14–17.
5. Перри, Д. Оптимизация светодиодных систем освещения / Д. Перри // Электрон. компоненты. – 2011. – № 7. – С. 76–79.
6. Дорофеева, Д. Ю. Сравнение стоимости единицы световой энергии традиционных и полупроводниковых источников света / Д. Ю. Дорофеева, А. В. Трубач, В. Д. Никитин // Сб. тез. докл. науч.-практ. конф. (13-я Междунар. спец. выставка по светотехнике). – М. : ВИГМА. – 2007. – С. 15–17.

СТЕПЕНЬ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ВЫСШИХ ГАРМОНИК НА ЭЛЕМЕНТЫ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А. А. Алферов

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

Научный руководитель Н. В. Грунтович

Влияние несинусоидальности напряжений и токов на работу электрооборудования ощущается практически во всех странах с развитой промышленностью и, как правило, приводит, с одной стороны, к увеличению потерь напряжения и мощности в сетях, уменьшению их пропускной способности, а с другой – к нарушению нормальной работы и уменьшению срока службы электрооборудования, снижению производительности труда, а также количества и качества выпускаемой продукции. Например, известно, что при допустимых значениях несимметрии напряжения 2 % и несинусоидальности 5 % срок службы асинхронных двигателей сокращается на 21 %, синхронных – на 32 %, трансформаторов – на 8 %, кабельных линий – на 40 % [1].

Один из первых экспериментов по влиянию высших гармоник на кабельные линии был проведен в 1984 г. [2]: его целью было выяснить, способствуют ли высшие гармоники ускоренному старению изоляции проводов и кабелей. Для выяснения этого положения учеными были проведены замеры токов утечки кабелей, проложенных почти одновременно и работающих в сходных температурных условиях; часть обследованных кабелей работала при практически синусоидальном напряжении, другая – при уровне высших гармоник в кривой напряжения в пределах 6–8,5 % (преобладали 5 и 7-я гармоники). Токи утечки во втором случае через 2,5 года эксплуатации оказались в среднем на 36 %, через 3,5 года – на 43 % больше, чем в первом.

Опыт эксплуатации свидетельствует о том, что в сетях с большим удельным весом вентильных нагрузок часто возникают однофазные замыкания в кабеле. Так, в сетях непрерывного толстолистого стана горячего проката число однофазных замыканий на землю за год оказалось на 30–40 % больше, чем в сетях, где преобразователи отсутствовали [2].

Присутствующие в кабельных линиях нелинейных электропотребителей высшие гармонические составляющие приводят к негативным последствиям:

1. Возможному перегреву и разрушению нулевых рабочих проводников кабельных линий вследствие их перегрузки токами гармоник кратных трем.

Согласно ПУЭ нулевой провод не защищается от перегрева автоматическими выключателями либо предохранителями. Существующие системы электроснабжения проектировались с учетом линейной нагрузки, когда потребляемый электроприемниками ток содержал лишь основную гармонику (50 Гц). Следовательно, ток в нулевом проводе не мог превышать ток в наиболее нагруженной фазе, т. е. защита на фазных проводах одновременно защищала от перегрева и нулевой провод.

При рассмотрении вопроса искажения формы кривой тока и напряжения сети низкого напряжения (НН) следует учитывать, что подавляющее большинство потребителей такой сети, в том числе и нелинейных, являются однофазными, а сеть выполняется трехфазной с нулевым проводом. В результате в нулевом проводе будут протекать токи всех высших гармоник (ВГ) нулевой последовательности. При этом возникает проблема перегрузки нулевого провода в четырехпроводных сетях НН, вызванная неравномерной загрузкой фазных проводов при подключении к ним однофазных нелинейных потребителей [3].

Проделанный в работе [4] анализ свидетельствует, что теоретически максимальный ток нейтрали с учетом гармоник в 1,73, а иногда и в 3 раза превышает фазный. При резкопеременной нагрузке пульсации тока наблюдаются в каждой из фаз в разное время. Поскольку все эти токи протекают в нейтрали, о взаимной компенсации речи быть не может. В случае если пики нагрузки не пересекаются, ток нейтрали будет равен утроенному фазному току. Эта ситуация достаточно типична для сетей с большим удельным весом электронного оборудования.

Сегодня, когда токи в нулевых проводах превосходят токи фазных проводов, а защита от токовых перегрузок в цепях нулевых проводов не предусмотрена, возможен перегрев и разрушение нулевых проводов кабельных линий вследствие их перегрузки токами нулевой последовательности.

С учетом того что состав электроприемников потребителя изменяется без реконструкции электрической сети, можно ожидать перегорания нулевых проводников из-за протекания токов гармоник кратных трем. Обрыв нулевого провода может привести к смещению нейтрали и, как следствие, выходу из строя электроприемников.

2. Созданию дополнительных потерь в кабельных линиях гармониками, генерируемыми нелинейной нагрузкой.

Проведенные в 90-х гг. XX в. расчеты [5] показали, что в сетях НН 40 % общего объема дополнительных потерь обусловлены отклонениями напряжений, 40 % – несинусоидальностью напряжений и 20 % – несимметрией напряжений.

Сопротивление переменному току состоит из сопротивлений потерь, вызванных поверхностным эффектом и эффектом близости.

Поверхностный эффект проявляется в том, что под действием магнитного поля кабеля ток, протекающий по жиле, вытесняется ближе к ее поверхности. Таким образом, плотность тока в слоях жилы, прилегающих к поверхности, несколько выше, чем в центре жилы, что приводит к увеличению общего сопротивления жилы.

При очень больших частотах ток практически существует только в тонком поверхностном слое, т. е. внутри достаточно толстого проводника ток высокой частоты не течет. Данное явление приводит к дополнительным потерям мощности, рассеиваемой в жиле кабельной линии, и дополнительному ее нагреву.

Эффект близости вызван взаимодействием внешних электромагнитных полей (ЭМП) вокруг проводников линии. При малом расстоянии между проводником с током (основным) и другими (соседними) в последних возникают вихревые токи того же направления, что и в основном. Если по соседнему проводнику распространяется ток противоположного направления, то вихревые токи совпадают по направлению с током на близко расположенных участках проводников. Вследствие этого плотность тока на этих участках увеличивается, а в более удаленных – уменьшается, т. е. ток фактически вытесняется на близко расположенные поверхности проводников. При одинаковых направлениях токов происходит обратное – плотность тока увеличивается на удаленных один от другого участках поверхности проводников и уменьшается на близко расположенных. Изменение плотности тока по сечению проводника увеличивает его погонное сопротивление [6].

Высшие гармоники тока также приводят к дополнительным потерям в изоляционных материалах кабельных линий. Данные потери могут обуславливаться сквозным током или активными составляющими поляризационных токов. В случае высоких напряжений потери возникают вследствие ионизации газовых включений внутри диэлектрика, особенно интенсивно происходящих при высоких частотах.

С повышением частоты питающего напряжения происходит снижение активного и емкостного сопротивления изоляции и, как следствие, увеличение токов утечки через нее [7].

Также гармоники тока приводят к дополнительным потерям электроэнергии и напряжения в линиях электропередач. Гармоники напряжения увеличивают свое воздействие на диэлектрик кабельной линии пропорционально увеличению максимального значения амплитуды, что увеличивает число повреждений кабелей и стоимость их ремонтов [8].

В работе [9] вводится обобщенный показатель несинусоидальности, который является экономически обоснованным с точки зрения ущерба от высших гармоник. При этом рассматриваются следующие составляющие ущерба: сокращение срока службы оборудования вследствие ускоренного старения изоляции, стоимость ремонта кабельных сетей вследствие повышенной аварийности и дополнительные активные потери в электрических сетях. Причем в этом случае отсутствуют нарушения нормальной работы электроприемников (повреждение оборудования, сбой в работе чувствительного оборудования и т. д.). Обобщенный показатель рассчитывается для конкретной СЭС различных отраслей народного хозяйства. Таким образом, предложенный показатель позволяет оценить качество электроэнергии в конкретной сети в том случае, если нет нарушений нормальной работы электроприемников.

3. Ускоренному старению изоляции проводов и кабелей, электрооборудования и, следовательно, сокращению срока их службы.

При высоком уровне высших гармоник происходит ускоренное старение изоляции КЛ как вследствие более интенсивного нагрева, так и ускорения ионизационных процессов, что приводит к снижению срока их службы.

Проблема старения электроизоляционных материалов, используемых при изготовлении силовых кабелей, имеет важное практическое значение, так как эти изделия предназначены для многолетней эксплуатации и преждевременный выход их из строя ведет к серьезным негативным последствиям. Однако в процессе эксплуатации кабели с полимерной изоляцией часто выходят из строя значительно раньше гарантированного срока службы. Это связано с возникновением и развитием в полимерной изоляции под действием электрического поля и влаги системы тонких цилиндрических микроканалов – триингов. Изучение частотных характеристик триингов дало возможность установить, что механизм воздействия сил электрического поля на полимер ускоряется с повышением частоты. С повышением температуры существенно возрастает диффузия воды в полимеры, что снижает их механическую и электрическую прочность [10].

В ходе проведения исследований [11] влияния преобразователей частоты на изоляцию силовых кабелей нефтедобывающих станций была выявлена проблема выхода из строя кабелей, питающих погружные установки центробежных насосов нефтедобывающих станций. На установках совместно с преобразователями частоты применялись кабели КППБП – это трехжильные плоские кабели с двухслойной изоляцией и допустимой температурой нагрева 120 °С. В процессе эксплуатации подобных установок наблюдались неоднократные повреждения и отказы силовых кабелей в виде оплавлений и пробоя изоляции. В некоторых случаях срок службы кабелей не превышал 100 дней.

Таким образом, несинусоидальность кривой напряжения и тока приводит к увеличению потерь мощности и электроэнергии в кабеле, ускоряет процесс старения изоляции и тем самым ведет к сокращению срока службы кабелей и электрооборудования и, как следствие, повышению вероятности аварийного отказа.

Литература

1. Избранные вопросы несинусоидальных режимов в электрических сетях предприятий / И. В. Жежеленко [и др.]. – М. : Энергоатомиздат, 2007. – 296 с.

2. Жежеленко, И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. – 2-е изд., перераб. и доп. / И. В. Жежеленко. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 160 с.
3. Шидловский, А. К. Высшие гармоники в низковольтных электрических сетях / А. К. Шидловский, А. Ф. Жаркин. – Киев : Навук. думка, 2005. – 209 с.
4. Оценка теплового режима кабеля питающего нелинейную нагрузку / В. Н. Тульский [и др.] // Пром. энергетика. – 2012 – № 7. – С. 42–45.
5. Кузнецов, В. Г. Проблемы повышения качества энергии в электрических сетях и системах / В. Г. Кузнецов // Техн. электродинамика. – 1991. – № 2. – С. 84–92.
6. Кохно, М. Т. Системы и средства электросвязи и проводного вещания : учеб. пособие / М. Т. Кохно, В. М. Логинов. – Минск : ИВЦ Минфина, 2010. – 352 с.
7. Алферов, А. А. Оценка потерь мощности через изоляцию кабельных линий на промышленных предприятиях при наличии в сети гармоник отличных от фундаментальной / А. А. Алферов, Н. В. Грунтович // Сб. материалов XII-й Междунар. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов. – Гомель, 26–27 апр. 2012 г. / ГГТУ им. П. О. Сухого. – С. 496–499.
8. Аррилага, Дж. Гармоники в электрических системах / Дж. Аррилага, Д. Брэдли, П. Боджер. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 320 с.
9. Жежеленко, И. В. Нормирование уровней гармоник с учетом экономического ущерба / И. В. Жежеленко // Электричество. – 1976. – № 5. – С. 64–68.
10. Андреев, А. М. Исследование старения электроизоляционных материалов силовых кабелей и конденсаторов / А. М. Андреев, В. А. Канискин, Ю. А. Полонский // Электричество. – 1999. – № 1. – С. 39–44.
11. Зализный, Д. И. Влияние преобразователей частоты на изоляцию силовых кабелей нефтедобывающих станций / Д. И. Зализный, О. Г. Широков, С. Н. Кухаренко // Энергетика. – 2011. – № 1. – С. 17–23.

ВЛИЯНИЕ ИНВЕРТОРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ НА СИСТЕМУ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

О. А. Алферова

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

Научный руководитель О. Г. Широков

Повышение качества электрической энергии является важной народнохозяйственной проблемой, решение которой позволит повысить экономическую эффективность производства за счет снижения потерь электроэнергии, увеличения срока службы электрооборудования и повышения надежности.

Показатели качества и их допустимые значения определены ГОСТ 13109–97.

Несинусоидальность напряжения характеризуется следующими показателями:

– коэффициентом искажения синусоидальности кривой напряжения K_U :

$$K_U = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{40} U_{(n)i}^2}}{U_{(1)i}} 100,$$

где $U_{(i)}$ – действующее значение междуфазного (фазного) напряжения основной частоты для i -го наблюдения, В, кВ;

– коэффициентом n -й гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$:

$$K_{U(n)i} = \frac{U_{(n)i}}{U_{(1)i}} 100,$$

где $U_{(i)}$ – действующее значение напряжения основной частоты на i -м наблюдении в вольтах, киловольтах.

Причиной возникновения несинусоидальности токов и напряжений является нелинейность вольт-амперных характеристик элементов электрических сетей и приемников электроэнергии. К ним относятся вентиляльные преобразователи, установки электросварки, электродуговые печи, газоразрядные источники света, силовые трансформаторы, двигатели и т. д. Характерной особенностью этих устройств является потребление ими из сети несинусоидальных токов при подведении к их зажимам синусоидального напряжения.

В последние годы на предприятиях широкое применение находят инверторные сварочные аппараты, которые пришли на смену полупроводниковым выпрямителям с трехфазной мостовой схемой выпрямления с неуправляемыми вентилями (сварочные выпрямители серий ВС, ВСС, ВД, ВДУ, ВКСМ).

Сравнительный анализ технических параметров инверторных сварочных аппаратов показывает [1], что их совершенствование идет по следующим направлениям: снижение веса, увеличение ПВ до 100 %, повышение надежности работы и качества сварки, уменьшение стоимости и максимальная автоматизация настройки оптимального технологического процесса с целью упрощения сварочных работ. Они обязательно имеют в своем составе транзисторный инвертор, что позволяет более качественно выпрямлять переменный ток, так как инвертор преобразует переменный ток сети частотой 50 Гц в ток 50–150 кГц. Инверторы обладают рядом достоинств, среди которых более низкий сварочный ток, хороший поджог дуги и малое разбрызгивание металла, малые габариты и вес сварочного аппарата.

Уменьшение сварочного тока при повышении качества сварки достигается за счет более качественного выпрямленного тока. Пульсации сварочного тока практически не наблюдаются.

Хороший поджог дуги, т. е. ее легкое возбуждение, устойчивое горение и стабильность параметров дуги, в том числе при колебаниях напряжения питающей сети, обеспечивается наличием инвертора. Ряд моделей позволяют работать при существенно пониженном напряжении питающей сети и от генераторов, на значительном удалении от силовых щитов, в труднодоступных местах, в замкнутых пространствах и на высоте.

Плавное регулирование сварочного тока обеспечивается схемой управления инвертором (в некоторых моделях сварочных инверторов реализуется дистанционное управление).

Высокое энергосбережение обеспечивается за счет низкого энергопотребления на холостом ходу, уменьшения сварочного тока.

Уменьшение массогабаритных размеров сварочного трансформатора делает сварочный инвертор легким и мобильным в работе, идеально приспособленным для ручной дуговой сварки, а благодаря применению технологии высокочастотного ключевого преобразователя большинство современных инверторных сварочных аппаратов стабильно работает и в случае серьезных изменений напряжения в сети. Этот тип сварочных аппаратов непрерывно совершенствуется и завоевывает все большую популярность как на производстве, так и в быту.

Регулирование режима сварки в инверторном аппарате осуществляется несколькими способами:

1. Регулирование величины напряжения, подаваемого на вход инвертора.

Если входной выпрямительный блок (V1) (рис. 1, а) выполнен тиристорным, то, изменяя угол открытия тиристорov, можно изменять выпрямленное среднее напряжение $U_{в.с}$ (рис. 1, б) и выходное. Если угол открытия тиристорov увеличивается, то $U_{в.с}$ уменьшается, и наоборот. При увеличении напряжения $U_{в.с}$ увеличивается и

амплитуда высокочастотного напряжения u_2 и среднее значение u_B выпрямленного напряжения (рис. 2, а). Обычно этот процесс поясняется с использованием графических буквенных символов. Вертикальная стрелка при буквенном символе (\downarrow) указывает на увеличение или уменьшение величины, обозначенной буквенным символом. Горизонтальная стрелка между двумя буквенными символами (\Rightarrow) указывает направление процесса. Следовательно, при уменьшении угла открытия тиристора α напряжение на дуге будет увеличиваться (рис. 1, з):

$$\alpha \downarrow \Rightarrow U_{bc} \uparrow \Rightarrow u_1 \uparrow \Rightarrow u_2 \Rightarrow u_B \uparrow.$$

2. Регулирование напряжения дуги изменением частоты инвертора.

Если увеличивать или уменьшать время подачи сигналов на базу транзисторов $VT1$ и $VT2$ (рис. 1, а), т. е. уменьшать или увеличивать время одного периода T , то частота ЭДС инвертора ($f = 1/T$) будет изменяться обратно пропорционально времени периода (рис. 1, б):

$$T \downarrow \Rightarrow f \uparrow \Rightarrow u_B \uparrow.$$

Изменение напряжения на дуге зависит от значения ЭДС вторичной обмотки трансформатора. При синусоидальной форме кривой магнитного потока мгновенное значение ЭДС

$$e_2 = 2\pi f_2 W_2 \sin(2\pi f_2 t),$$

откуда максимальное значение (амплитуда) ЭДС

$$E_2 = 2\pi f_2 W_2,$$

т. е. с увеличением ЭДС при постоянных конструктивных параметрах и неизменном насыщении стали сердечника высокочастотного трансформатора ЭДС увеличивается прямо пропорционально частоте, следовательно, будет увеличиваться u_B (рис. 3, б и 4, б).

3. Регулирование напряжения дуги широтно-импульсной модуляцией.

Этот способ получил наибольшее распространение (рис. 2, в). Напряжение на дуге зависит от продолжительности импульса при постоянной частоте:

$$t \uparrow \Rightarrow u_B \uparrow.$$

При постоянной частоте инвертора облегчается выбор параметров выходного фильтра, а также снижается спектр электромагнитных помех, которые легче устранить входным фильтром.

Таким образом, в выпрямителе инвертором используется амплитудное, частотное и широтно-импульсное регулирование режима.

Естественные внешние характеристики выпрямителя зависят от конструкции инвертора и трансформатора. Искусственные характеристики формируются с помощью обратных связей по току и напряжению.

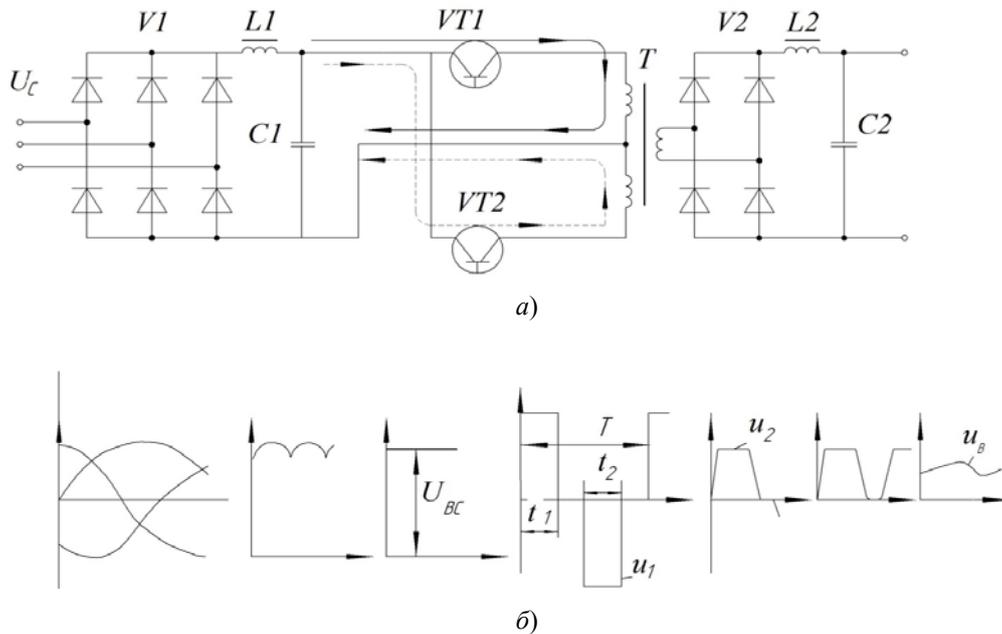


Рис. 1. Выпрямитель с транзисторным инвертором

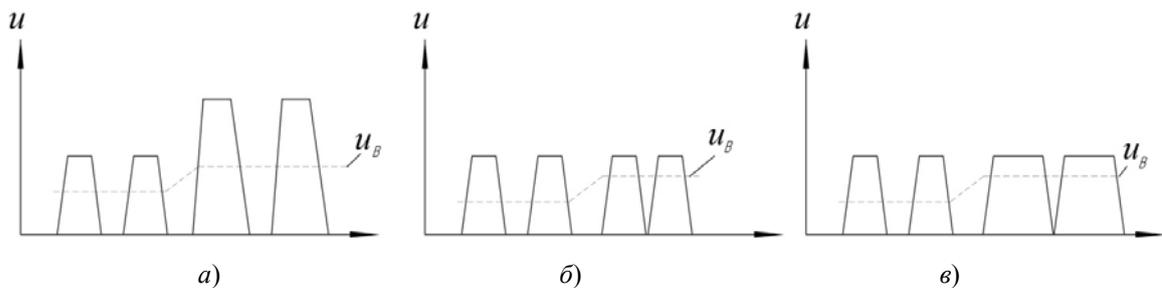


Рис. 2. Осциллограммы при регулировании напряжения: а – изменением величины напряжения, подаваемого на вход инвертора; б – изменением частоты инвертора; в – шириной импульсов

Несмотря на существенные достоинства и широкий спектр применения инверторных источников питания, они являются мощными источниками высших гармоник, генерируемых в сеть. Так, при дуговой сварке на переменном токе в сеть генерируются 3 и 5-я гармоники, при дуговой сварке на постоянном токе – 5, 7, 11, 13-я [2].

Таким образом, инверторные источники питания сварочной дуги приводят к значительному снижению качества электрической энергии и негативно отражаются на работе всей системы электроснабжения.

Литература

1. Гончар, А. А. Сварочные выпрямители и инверторы / А. А. Гончар // Гл. энергетик. – 2010. – № 1. – С. 46–58.
2. Избранные вопросы несинусоидальных режимов в электрических сетях предприятий / И. В. Жежеленко [и др.]. – М. : Энергоатомиздат, 2007. – 296 с.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ АНАЛИЗА НЕСТАЦИОНАРНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ТЕПЛОВИЗОРА

Д. С. Балыко

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

Научный руководитель Д. И. Зализный

Тепловизор – устройство для наблюдения за распределением температуры исследуемой поверхности. Распределение температуры отображается на дисплее (или в памяти) тепловизора как цветное поле, где определенной температуре соответствует определенный цвет.

Новые переносные модели ИК-тепловизоров сочетают хорошее качество изображения и высокую тепловую чувствительность. Они оптимизированы для условий эксплуатации в условиях низкого контраста, встречающихся в зданиях, и регистрируют неисправности, недоступные для других ИК-камер. Прибор легко настраивается на автоматическую съемку участков, температура которых выходит за установленные пределы. Тепловизоры позволяют получить и сохранить калиброванные значения температуры для матрицы из тысяч точек, которые и составляют тепловое изображение.

Как правило, тепловизоры используют для анализа мгновенных состояний теплового поля объекта. То есть пользователь осуществляет термографическую съемку случайных значений температур различных участков исследуемой поверхности.

Тепловые процессы в электрооборудовании в большинстве случаев имеют нестационарный характер, и, соответственно, температуры на разных участках их поверхности изменяются во времени. При наличии внутренних неисправностей или повреждений в оборудовании возможно появление локальных участков перегрева на поверхности корпуса. Так, например, в электрических машинах тепловые процессы существенно зависят от характера нагрузки, изменения параметров окружающей среды, изменения условий охлаждения, от параметров электрической сети и т. д. Все это, в совокупности с неисправностями, влияет на температуру поверхности машины. Таким образом, в разные моменты времени возможно появление локальных областей перегрева на разных участках поверхности корпуса.

При статической термосъемке можно увидеть лишь часть реальных тепловых процессов, имеющих место в исследуемом объекте. Это не позволяет полностью оценить характер изменения локальных перегревов, которые принято выявлять с температурами соседних участков, или температуры объектов, находящихся в равных условиях. Из-за сложности тепловых процессов, а также из-за влияния неисправности участки перегрева могут менять свое положение, что не будет зафиксировано общепринятыми методиками термосъемки.

В данной работе предлагается методика анализа нестационарных тепловых процессов, основанная на непрерывной термографической съемке поверхности объекта. Для этого тепловизор должен быть стационарно закреплен, а его программное обеспечение должно через определенные интервалы времени записывать термограммы. Исследуемую поверхность необходимо разбить на некоторое количество квадратов, каждому из которых в определенный момент времени будет соответствовать значение температуры. Причем она будет получена как среднее всех температур точек внутри квадрата. Изменяя размер квадратов, можно настраивать точность наложения сетки на объект. Если исследование проводить на продолжительном временном интервале при небольшой периодичности съемки, то можно получить достаточное ко-

личество термограмм, которые будут отражать почти непрерывное изменение теплового поля поверхности. Так как поле разбито на квадраты, то, проследив изменение температуры одного из них, можно построить график изменения температуры в рассматриваемой локальной области.

В качестве примера рассмотрим поверхность корпуса двигателя. Предположим, что было получено пять термограмм через одинаковые промежутки времени. Выделив на корпусе два условных квадрата, получим разные значения температур в разные моменты времени (рис. 1). По этим значениям можно построить график зависимости температуры от времени.

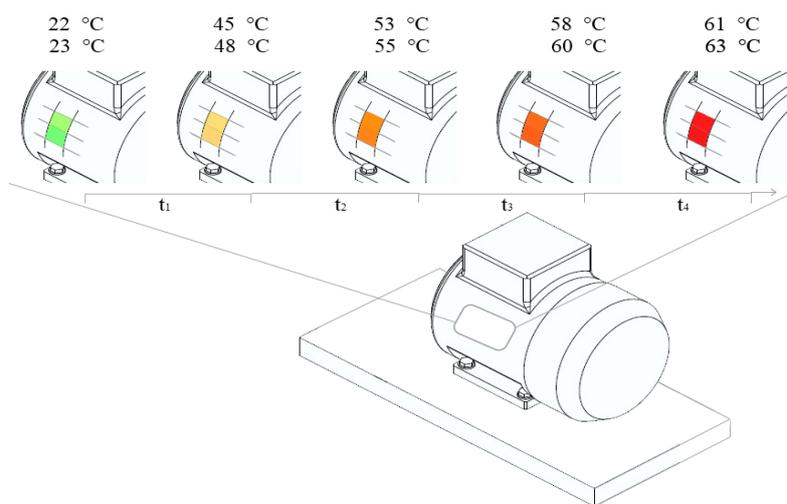


Рис. 1. Применение методики для исследования асинхронного двигателя

Термограмм может быть гораздо больше, чем в приведенном примере. Поэтому для автоматической обработки изображений уместно использовать компьютер со специальным программным обеспечением. Выделим основные функции, необходимые для реализации такой программы:

- получение данных с тепловизора в виде термограмм;
- разбиение термограммы на квадраты;
- расчет температур для определенного квадрата на термограмме;
- построение графика изменения температуры по времени.

Программа должна взаимодействовать с пользователем при помощи удобного интерфейса, использовать все преимущества современных операционных систем. При этом пользователь получит возможность следить за всеми этапами ее выполнения в интерактивном режиме.

Рассмотрим подробнее работу перечисленных функций. Пользователь, настроив размер области исследования, выбирает место исследования на термограмме. Выбранное место запоминается в памяти компьютера, после чего перебираются все загруженные термограммы. На каждой из них программа считывает данные по координатам со смещением на размер квадрата. Происходит расчет значений температуры и построение графика.

В качестве примера на языке Delphi была реализована программа «Анализ тепловых процессов», которая реализует основные функции описанной выше методики. Основное окно этой программы показано на рис. 2, а результат построения графика – на рис. 3. (Значения температур приведены в десятых долях градусов Цельсия). При

написании программы было принято, что файлы термограмм находятся в формате «BMP». Цвета по координатам выбирались с помощью функций WinAPI.

В 24-битном формате «BMP» значение цвета кодируется целым числом от 0 до 16 млн, что соответствует всему цветовому спектру. Зная температуру на поверхности исследуемого объекта и цвет, соответствующий ей, программа вычисляет переводной коэффициент цвета в температуру. Эти операции повторяются для каждой термограммы и сохраняются в массив. По этому массиву осуществляется построение графика.



Рис. 2. Главное окно программы

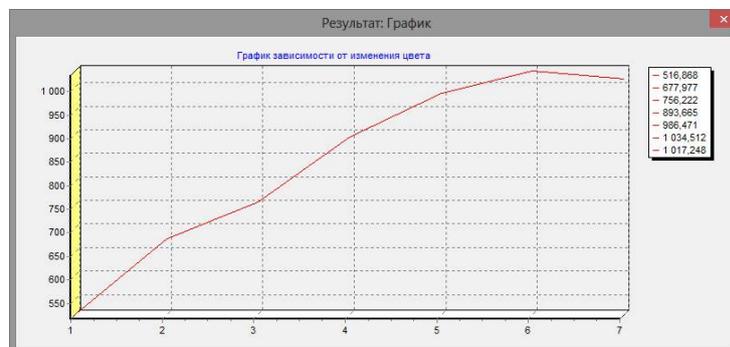


Рис. 3. Результаты работы программы

Пользователь с помощью мыши наводит указатель, выполненный в форме квадрата, на исследуемый участок термограммы и нажимает кнопку мыши. В результате осуществляется автоматическое построение графика изменения температуры во времени.

График, полученный в результате такой методики, может быть использован для сохранения и накопления статистики о работе оборудования. При наличии неисправностей график будет отклоняться от нормального положения. Таким образом, тепловизор может быть использован для быстрого поиска любых повреждений в энергооборудовании. Он позволяет мгновенно увидеть на четком тепловом изображении горячие места задолго до отказа соответствующих систем, а также определить зону неисправности и произвести необходимый ремонт до того, как возникнут серьезные проблемы. Чаще всего неисправности обнаруживаются в таких деталях электриче-

ских систем, как плавкие предохранители, рубильники, автоматы, УЗО, пускатели, но можно следить и за состоянием дорогого оборудования двигателей и трансформаторов.

На сегодняшний день тепловизоры являются достаточно дорогими устройствами, но с развитием науки и техники, а также с расширением объема производства их стоимость будет снижаться и при правильном подходе это вложение может быстро себя окупить.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ 10 кВ ПОКРЫТЫХ ПРОВОДОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Д. Э. Сацюк

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

Научные руководители: К. М. Медведев, О. Ю. Пухальская

Согласно ТКП 385–2012 [1] ЛЭП 10 кВ, проходящие по землям лесного фонда (лесным насаждениям) и населенным пунктам, следует выполнять с применением воздушных линий с покрытыми проводами (ВЛП).

Преимуществами ВЛП по сравнению с традиционными ВЛ с неизолированными проводами является [2]:

- существенное уменьшение аварийных отключений по причине снижения между-фазных коротких замыканий и замыканий провода на землю;
- уменьшение требуемой ширины просеки в лесных массивах;
- уменьшение габаритов до земли и инженерных сооружений;
- сокращение эксплуатационных расходов;
- повышение надежности работы при образовании гололеда;
- повышение безопасности работ вблизи ВЛП.

Расчет количества внезапных отключений ВЛ 10 кВ выполняется по формуле [3]:

$$\begin{aligned}
 N_{10} = & \omega_{з.о.г} (n_{д.о} + n_{доб} + n_{б.о}) + \omega_{дер} (n_{д.о} + n_{доб}) + \omega_{б.п} n_{доб} + \omega_{б.о} n_{б.о} + \\
 & + \omega_{ф.и} n_{ф.и} + \omega_{с.и} n_{с.и} + \omega_{к.п} (n_{ф.и} + n_{с.и}) + \omega_{а.м} L_{а.м} + \omega_{а.б} L_{а.б} + \omega_{а.с} L_{а.с} + \\
 & + \omega_{ст} L_{ст} + \omega_{к} L_{к} + \omega_{р.с.а} n_{р.с.а} + \omega_{а.с.а} n_{а.с.а} + \omega_{р.в} n_{р.в} + \omega_{р.т} n_{р.т} + \\
 & + \omega_{м.т.п} n_{м.т.п} + \omega_{к.т.п} n_{к.т.п} + \omega_{з.т.п} n_{з.т.п},
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где $\omega_{з.о.г}$, $\omega_{дер}$, $\omega_{б.п}$, $\omega_{б.о}$, $\omega_{ф.и}$, $\omega_{с.и}$, $\omega_{к.п}$ – параметры потока отказов (ППО) закреплений опор в грунте, деревянных опор, железобетонных приставок, железобетонных опор, фарфоровых изоляторов, стеклянных изоляторов, креплений проводов, соответственно; $\omega_{а.м}$, $\omega_{а.б}$, $\omega_{а.с}$, $\omega_{ст}$, $\omega_{к}$ – ППО алюминиевых проводов сечением 35 мм² и ниже, алюминиевых проводов сечением 50 мм² и выше, сталеалюминиевых проводов, стальных проводов, кабеля, соответственно; $\omega_{р.с.а}$, $\omega_{а.с.а}$, $\omega_{р.в}$, $\omega_{р.т}$ – ППО линейных секционирующих аппаратов с ручным управлением (разъединителей, выключателей нагрузки), линейных секционирующих аппаратов с автоматическим управлением (выключатели), вентильных и трубчатых разрядников, соответственно; $\omega_{м.т.п}$, $\omega_{к.т.п}$, $\omega_{з.т.п}$ – обобщенные ППО мачтовой, комплектной и закрытой ТП 10/0,4 кВ, соответственно, учитывающие повреждаемость выносного разъединителя, проводов спуска к проходным изолятором, проходных изоляторов, вентильного (трубчатого) разрядника и

предохранителей 10 кВ; $n_{до}, n_{доб}, n_{бо}$ – количество деревянных опор, деревянных опор на железобетонных приставках и железобетонных опор, соответственно, шт; $n_{ф.и}, n_{с.и}$ – количество фарфоровых и стеклянных изоляторов, соответственно, шт; $L_{а.м}, L_{а.б}, L_{а.с}, L_{ст}, L_{к}$ – протяженность ВЛ 10 кВ с проводами А-35 и ниже, А-50 и выше, сталеалюминиевыми, стальными проводами и кабелем, соответственно, км; $n_{р.с.а}, n_{а.с.а}, n_{р.в}, n_{р.т}$ – количество линейных секционирующих аппаратов с ручным и автоматическим управлением, вентильных и трубчатых разрядников, соответственно, шт; $n_{м.т.п}, n_{к.т.п}, n_{з.т.п}$ – количество мачтовых, комплектных и закрытых ТП 10/0,4 кВ, соответственно, шт.

В случае, когда ВЛ 10 кВ выполнена с применением покрытых проводов, можно использовать статистические данные для распределительных сетей 10–0,4 кВ, собранные ОАО «Фирма ОРГРЭС» [4]. Полученное по формуле (1) количество внезапных отключений пересчитывается по следующей формуле:

$$N'_{10} = \frac{L_{а.м} + L_{а.б} + L_{а.с} + L_{ст} + L_{к}}{L} N_{10} + \frac{L_{в.л.п}}{L} \cdot \frac{N_{10}}{5,14}, \quad (2)$$

где $L_{в.л.п}$ – протяженность части ВЛ, выполненной покрытыми проводами, км; L – общая протяженность ВЛ 10 кВ, км:

$$L = L_{а.м} + L_{а.б} + L_{а.с} + L_{ст} + L_{к} + L_{в.л.п}. \quad (3)$$

В качестве исходной информации о ВЛ 10 кВ необходимы:

- схемы ВЛ с обозначением длины участков, марки и сечения проводов, ТП с диспетчерским номером и установленной мощностью, коммутационных аппаратов с диспетчерскими номерами, нормальных разрывов;
- паспортные данные ВЛ 10 кВ – сведения о количестве элементов различных видов на линии.

Расчет количества аварийных отключений ВЛ 10 кВ выполнен для следующих случаев:

- традиционная ВЛ 10 кВ с неизолированными проводами на протяжении всей трассы;
- участки ВЛ 10 кВ, проходящие по лесным массивам, выполнены с использованием покрытых проводов, на остальных участках трассы – неизолированные провода.

Расчет проводился для трех линий Гомельского сельского РЭС – ВЛ № 932 и № 34 подстанции 35/10 кВ «Телешы» и ВЛ № 5689 подстанции 110/10 кВ «Клёнки».

На рис. 1 представлены паспортные данные трех рассматриваемых ВЛ 10 кВ.

Паспортные данные ВЛ 10 кВ				
↓				
↓				
↓				
↓				

Количество опор и изоляторов, шт				
Параметр ВЛ	№ ВЛ			
	№932 п/ст. Телешы	№934 п/ст. Телешы	№5689 п/ст. Клёнки	
$n_{до}$	0	0	0	
$n_{доб}$	0	0	0	
$n_{бо}$	347	158	190	
$n_{фи}$	977	559	697	
$n_{си}$	322	32	146	

Длины участков линий, км				
Параметр ВЛ	№ ВЛ			
	№932 п/ст. Телешы	№934 п/ст. Телешы	№5689 п/ст. Клёнки	
$L_{ам}$	7,761	0	0	
$L_{аб}$	1,89	0,45	2,12	
$L_{ас}$	10,41	9,03	7,149	
$L_{ст}$	0	0	0	
$L_{к}$	0	0	0,77	

Количество секционирующих аппаратов и разрядников, шт				
Параметр ВЛ	№ ВЛ			
	№932 п/ст. Телешы	№934 п/ст. Телешы	№5689 п/ст. Клёнки	
$n_{рса}$	3	2	2	
$n_{аса}$	0	0	0	
$n_{рв}$	3	3	3	
$n_{рт}$	0	0	0	

Количество ТП, шт				
Параметр ВЛ	№ ВЛ			
	№932 п/ст. Телешы	№934 п/ст. Телешы	№5689 п/ст. Клёнки	
$n_{мпт}$	0	0	0	
$n_{ктп}$	13	0	13	
$n_{зтп}$	3	1	5	

Рис. 1. Паспортные данные ВЛ 10 кВ

Результаты расчета представлены в таблице 1.

Результаты расчета количества внезапных отключений ВЛ 10 кВ

№ВЛ	Длина всей ВЛ L_{Σ} , км	Длина участков ВЛ, проходящих через лес $L_{лес}$		Количество внезапных отключений ВЛ для случаев:		Снижение числа внезапных отключений, %
		км	в %-х от L_{Σ}	вся ВЛ с голыми проводами (N_{10})	участки, проходящие через лес, выполнены в виде ВЛП (N'_{10})	
№932 п/ст. Телешы	20,06	1,36	6,9	4,37	4,12	5,7
№932 п/ст. Телешы	9,48	0,69	7,3	0,775	0,73	5,8
№5689 п/ст. Клёнки	10,04	4,56	45,4	3,66	2,32	36,6

Выводы

Замена неизолированных проводов на покрытые на участках ВЛ 10 кВ, проходящих через лес, позволяет уменьшить количество внезапных отключений линии и, следовательно, повысить надежность электроснабжения потребителей сельскохозяйственного назначения.

Степень снижения аварийности зависит от процентного соотношения длин участков ВЛ, выполненных в виде ВЛП, и всей линии.

Литература

1. Нормы проектирования электрических сетей внешнего электроснабжения напряжением 0,4–10 кВ сельскохозяйственного назначения: ТКП 385–2012 (02230). – Введ. 10.07.2012. – Минск : РУП «Белэнергосетьпроект», 2012. – 88 с.
2. Фадеева, Г. А. Проектирование распределительных электрических сетей : учеб. пособие / Г. А. Фадеева, В. Т. Федин ; под общ. ред. В. Т. Феина. – Минск : Выш. шк., 2009. – 365 с.
3. Куценко, Г. Ф. Методика определения расчетного количества внезапных отключений потребителей сельскохозяйственного назначения по цепи «источник–потребитель» / Г. Ф. Куценко, О. Ю. Пухальская // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2005. – № 3. – С. 30–33.
4. Клименко, С. В. Сравнение показателей надежности сельских распределительных сетей, выполненных с применением изолированных и неизолированных проводов / С. В. Клименко // Изв. вузов. Электромеханика. – 2004. – № 6. – С. 14–17.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ

И. В. Комаха, А. В. Ярмолич, К. А. Богданович

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

Научный руководитель В. В. Тодарев

В процессе энергоаудита часто требуется определить эффективность функционирования мощных производственных механизмов.

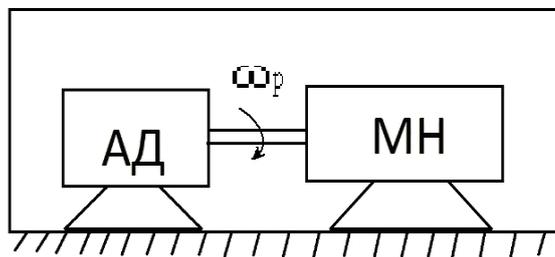


Рис. 1. Эскиз электропривода производственного механизма, где: АД – асинхронный электродвигатель; МН – механическая нагрузка

Определение коэффициента мощности не составляет труда, равно как и определение потребляемой мощности $P_1 = mU_1 I_1 \cdot \cos \varphi_1$. Определить полезную мощность на валу $P_2 = M_{\text{Э.М}} \omega_p$ силового двигателя и его коэффициент полезного действия

(КПД) $\eta = \frac{P_2}{P_1}$ чаще всего не представляется возможным. Если угловую частоту

вращения вала двигателя можно с достаточной точностью измерить известными способами, то измерение электромагнитного вращающего момента непосредственно на производственном механизме очень трудоемкий процесс.

Целесообразно вначале выявить возможные проблемы с точки зрения энергоэффективности механизма, приблизительно рассчитав полезную мощность косвенным методом, а затем при необходимости провести более точные процедуры [1].

В [2] предлагается определить КПД двигателя по измеренному значению $\cos \varphi_1$ с помощью аппроксимирующего многочлена вида:

$$y = a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2 + a_3x_i^3 + a_4x_i^4.$$

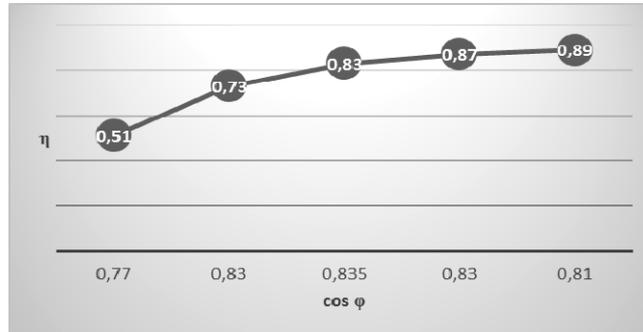


Рис. 2. Рассчитанные значения коэффициента полезного действия асинхронного двигателя с помощью аппроксимирующего многочлена

Данный метод достаточно трудоемкий и не учитывает реальных параметров сети – напряжения, частоты, спектра гармоник.

В настоящей работе предлагается метод косвенного определения коэффициента полезного действия асинхронного двигателя по его математической модели.

Исходными данными для моделирования являются параметры схемы замещения асинхронного электродвигателя, а также напряжение и частота питающей сети в месте исследования, потребляемый ток, коэффициент мощности, угловая частота вращения вала двигателя.

$$\underline{U}_1 = -\underline{E}_1 + \underline{I}_1 R_1 + j \underline{I}_1 X_1; M_{\text{Э.М}} = \frac{m U_1^2 R_2}{\omega_1 S \left[\left(R_1 + \frac{R_2}{S} \right)^2 + (X_1 + X_2)^2 \right]};$$

$$\underline{0} = -\underline{E}_2 - \underline{I}_2 R_2 - j \underline{I}_2 X_2;$$

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_0 - \underline{I}_2; S = \frac{(\omega_1 - \omega_p)}{\omega_1}, \omega_1 = \frac{2\pi f_1}{p};$$

$$\underline{I}_0 = \frac{\underline{U}_1}{\left[(R_0 + R_1) + j(X_\mu + X_1) \right]}; \underline{I}_2 = \frac{\underline{U}_1}{\left[\left(R_1 + \frac{R_2}{S} \right) + j(X_1 + X_2) \right]}.$$

Определяется скольжение, токи статора и ротора, вращающий электромагнитный момент, полезная мощность на валу, потребляемая мощность, коэффициент мощности, коэффициент полезного действия.

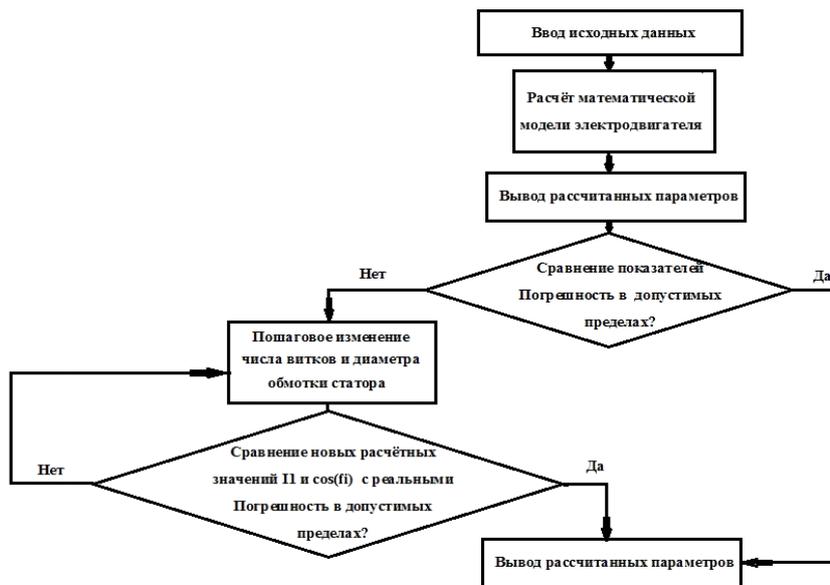


Рис. 3. Алгоритм расчета коэффициента полезного действия по математической модели двигателя

Точность расчета оценивается путем сравнения расчетных и измеренных величин тока статора, коэффициента мощности с последующим пошаговым уточнением результатов расчета.

Уточнение выполняется в соответствии с возможными изменениями параметров схемы замещения электродвигателя после ремонта – другое сечение провода, другое число витков фазной обмотки статора и т. п. [3].

$$R_{0*} = R_0 \left(\frac{w_{1*}}{w_{1ном}} \right)^2;$$

$$X_{\mu*} = X_{\mu} \left(\frac{w_{1*}}{w_{1ном}} \right);$$

$$R_{1*} = R_1 \left(\frac{w_1}{w_{1ном}} \right), R_{1*} = R_1 \left(\frac{d_{1ном}}{d_1} \right)^2;$$

$$X_{1*} = X_1 \left(\frac{w_1}{w_{1ном}} \right)^2;$$

$$R_{2*}' = R_2' \left(\frac{w_1}{w_{1ном}} \right)^2;$$

$$X_{2*}' = X_2' \left(\frac{w_1}{w_{1ном}} \right)^2.$$

Расчет производится до тех пор, пока погрешность не будет составлять менее 10–15 %.

Литература

1. Коварский, Б. М. Испытание электрических машин / Б. М. Коварский, Ю. И. Янко. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 320 с.

2. Астравик, С. В. Исследование и разработки в области машиностроения, энергетики, И88 и управления : материалы XIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013. – 504 с.
3. Андреев, В. А. Моделирование и исследование энергоэффективности асинхронных двигателей при вариациях режимных и конструктивных параметров : дис. ... канд. техн. наук : 05.09.01 / В. А. Андреев ; [Место защиты : Самар. гос. техн. ун-т]. – Самара, 2009. – 148 с. : ил. РГБ ОД, 61 09-5/3454.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ АНАЛИЗА НАГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Д. М. Ковалев

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

Научный руководитель Д. И. Зализный

Система дифференциальных уравнений, описывающая математическую модель тепловых процессов силового трансформатора, состоящую из четырех однородных тел, имеет следующий вид [1]:

$$\begin{cases} \frac{\theta_{\text{охл}} - \theta_{\text{м}}}{R_3} = \Delta P_{\text{охл}}; \\ C_1 \frac{d\theta_{\text{с}}}{dt} + \frac{\theta_{\text{с}} - \theta_{\text{м}}}{R_1} = \Delta P_{\text{х.х}}; \\ C_2 \frac{d\theta_{\text{н.н.т}}}{dt} + \frac{\theta_{\text{н.н.т}} - \theta_{\text{м}}}{R_2} = \Delta P_{\text{н}}; \\ C_3 \frac{d\theta_{\text{м}}}{dt} - \frac{\theta_{\text{охл}} - \theta_{\text{м}}}{R_3} - \frac{\theta_{\text{с}} - \theta_{\text{м}}}{R_1} - \frac{\theta_{\text{н.н.т}} - \theta_{\text{м}}}{R_2} = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где: $\theta_{\text{охл}}$, $\theta_{\text{м}}$, $\theta_{\text{с}}$, $\theta_{\text{н.н.т}}$ – температуры однородных тел: охлаждающей среды, масла, магнитопровода и обмоток; C_1 , C_2 , C_3 – теплоемкости соответствующих однородных тел; R_1 , R_2 , R_3 – тепловые сопротивления соответствующих однородных тел; $\Delta P_{\text{охл}}$, $\Delta P_{\text{х.х}}$, $\Delta P_{\text{н}}$ – эквивалентные потери активной мощности в охлаждающей среде, магнитопроводе и обмотках.

На основе системы (1) была разработана компьютерная программа для анализа нагрузочной способности силовых трансформаторов. В программном коде этой программы реализованы алгоритмы для расчета нестационарных тепловых процессов масла, магнитопровода и обмоток трансформатора. В случае температуры масла алгоритм записывается следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta_M(j) = \vartheta_{x,x,M} + \vartheta_{H,M}(j) + \vartheta_{OxL,M}(j); \\ \vartheta_{x,x,M} = R_3 \cdot \Delta P_{x,x}; \\ \vartheta_{H,M}(j) = \sum_{i=1}^3 [\xi_i(j)]; \\ \xi_i(j) = \vartheta_{M,i} [K_H(j)]^2 + (\xi_i(j-1) - \vartheta_{M,i} [K_H(j)]^2) e^{-\frac{\Delta t}{\tau_i}}; \\ \vartheta_{OxL,M}(j) = \sum_{i=1}^3 [\chi_i(j)] \xi_i; \\ \chi_i(j) = d_i \theta_{OxL}(j) + (\chi_i(j-1) - d_i \theta_{OxL}(j)) e^{-\frac{\Delta t}{\tau_i}}, \end{array} \right. \quad (2)$$

где j – номер интервала расчета; i – номер экспоненциальной составляющей; $\vartheta_{x,x,M}$, $\vartheta_{H,M}(j)$, $\vartheta_{OxL,M}(j)$ – составляющие температуры масла от потерь холостого хода, нагрузочных потерь и температуры охлаждающей среды; $\xi_i(j)$ – экспоненциальные составляющие температуры масла от нагрузочных потерь; $\vartheta_{M,i}$ – коэффициенты при экспоненциальных составляющих $\xi_i(j)$; $\chi_i(j)$ – экспоненциальные составляющие температуры масла от температуры охлаждающей среды; d_i – коэффициенты при экспоненциальных составляющих $\chi_i(j)$; Δt – интервал расчета; τ_i – тепловые постоянные времени; $K_H(j)$ – коэффициент нагрузки.

Внешний вид главного окна разработанной программы показан на рис. 1.

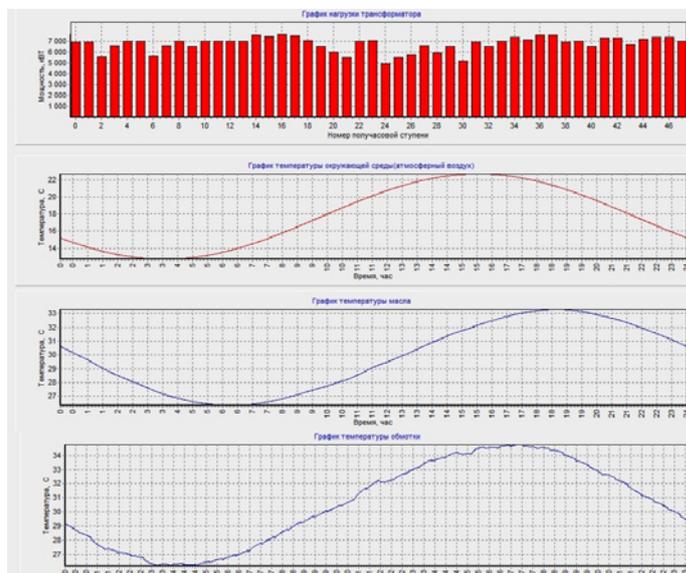


Рис. 1. Главное окно компьютерной программы для анализа нагрузочной способности силовых трансформаторов

Программа имеет два основных модуля: модуль ввода исходных данных и модуль вывода графиков. Первый модуль состоит из двух блоков: блока ввода параметров трансформатора и блока ввода графика нагрузки. В качестве параметров

трансформатора пользователем вводятся: номинальные потери холостого хода и короткого замыкания, номинальная мощность, суммарные массы стали, масла и обмоток, а также параметры эквивалентной температуры окружающей среды. Суточный график нагрузки трансформатора вводится посредством передвижения с помощью мыши каждой получасовой ступени.

В модуле вывода графиков осуществляется отображение диаграмм графика нагрузки трансформатора, температуры масла, магнитопровода, обмоток, а также температуры охлаждающей среды.

Температура охлаждающей среды моделируется в качестве эквивалентной синусоиды [2] с периодом T , равным суткам:

$$\theta_{\text{охл}}(j) = \theta_{\text{ср}} + \theta_m \cdot \sin\left(\frac{2\pi j \Delta t}{T} + \varphi\right), \quad (3)$$

где $\theta_{\text{ср}}$ – среднегодовое значение температуры воздуха [3]; θ_m – амплитуда суточного изменения температуры воздуха; φ – фазовый сдвиг эквивалентной синусоиды для соответствия максимумов и минимумов температуры воздуха требуемому времени суток.

Разработанная программа была использована для анализа нагрузочной способности трансформаторов ATLV-45000/110/10 главной понизительной подстанции ОАО «БМЗ». Результаты анализа приведены в таблице.

Результаты анализа нагрузочной способности трансформаторов ATLV-45000/110/10

День	Максимум нагрузки, %	Максимальная температура масла, °С	Максимальная температура обмоток, °С
Характерный летний	24	35	38
Характерный зимний	24	12	14
Характерный летний	100	70	98
Характерный зимний	100	49	62

Предлагаемое программное обеспечение можно применять при проектировании систем электроснабжения и мониторинга трансформаторов во время эксплуатации. В процессе проектирования при помощи программы можно оценить, насколько подходит тот или иной трансформатор, будет ли отвечать его нагрузочная способность требованиям, которые выдвигаются к проектируемой системе электроснабжения. На стадии проектирования также можно проанализировать динамику изменения температуры трансформатора в случае аварии. Такой анализ поможет определить, какой именно трансформатор необходимо выбрать для надежной и бесперебойной работы энергосистемы.

Л и т е р а т у р а

1. Зализный, Д. И. Расчет температур основных элементов силового масляного трансформатора на основе анализа температуры поверхности его бака / Д. И. Зализный, О. Г. Широков // Изв. высш. учеб. завед. и энергет. об-ний СНГ. Энергетика. – 2012. – № 4. – С. 18–28.
2. Power transformers – Part 7 : Loading guide for oil immersed power transformers // IEC Revision of Publication 60076, draft 7. – 2005. – 122 p.
3. ГОСТ 14209–85. Трансформаторы силовые масляные общего назначения. Допустимые нагрузки. – М. : Гос. ком. СССР по стандартам, 1987. – 30 с.
4. Боднар, В. В. Нагрузочная способность силовых масляных трансформаторов / В. В. Боднар. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 176 с.

Научное издание

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

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

Гомель, 24–25 апреля 2014 года

Ответственный за выпуск Н. Г. Мансурова

В авторской редакции

Подписано в печать 08.09.14.

Формат 60x84/8. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 59,52. Уч.-изд. л. 49,72.

Тираж 99 экз. Заказ № 309/126.

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.
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48